LA ELECTRICIDAD

Y

LOS CAMINOS DE HIERRO.

DESCRIPCION Y EXÁMEN

DE LOS

SISTEMAS PROPUESTOS PARA EVITAR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO

POR MEDIO DE LA ELECTRICIDAD,

precedidos de una reseña histórico-elemental de esta ciencia y de sus principales aplicaciones,

POR D. MANUEL FERNANDEZ DE CASTRO,

Ingeniero jefe de primera clase del Cuerpo de Minas.

Impresa de Real órden.

PARTE SEGUNDA.—LOS CAMINOS DE HIERRO.

Madrid,

IMPRENTA Y ESTEREOTIPIA DE M. RIVADENEYRA,

calle de la Madera, número 8.

1858.



DE LOS CAMINOS DE HIERRO,

Y

ACCIDENTES QUE PUEDEN OCURRIR EN ELLOS.

CAPITULO IX.

IDEA GENERAL DE LOS CAMINOS DE HIERRO.

Apenas hay un autor que al escribir la historia de los caminos de hierro, no se detenga á demostrar las ventajas de esta especie de locomocion sobre las que se conocian hace menos de treinta años en Inglaterra y poco mas de quince en el resto de Europa. Para hacer resaltar la diferencia y patentizar el influjo de las vias férreas en el comercio, en la riqueza y hasta en las costumbres de los países que las han adoptado, se citan ejemplos sorprendentes, que parecerán exagerados á las generaciones venideras, y á los cuales no nos negamos á dar crédito, porque los hemos presenciado; pero aun así la imaginacion se resiste á volver la vista atrás y convencerse de la realidad.

El viajero que sentado en un carruaje de primera clase, con todas las comodidades imaginables, recorre á razon de mas de doce leguas por hora las cuatrocientas millas que separan á Lóndres de Edimburgo, cree oir una historia de tiempos muy remotos cuando le cuentan que en vez de las once horas que hoy se emplean, tardaban los ingleses ocho dias en hacer el mismo viaje; escucha con cierta sonrisa de incredulidad la relacion de los trabajos á que se veia expuesto el viajero, y asegura que jamás hubiera pensado en moverse de la capital si en vez de las tres ó cuatro libras esterlinas que ahora le cuesta, se viese precisado á pagar tres ó cuatro veces mas la misma cantidad.

En España, por desgracia, nos es menos difícil formarnos

idea del contraste, porque aun en la línea mas larga que podemos recorrer por ferro-carril, es imposible terminar el viaje sin sufrir las incomodidades de una diligencia y de un mal camino; nadie ignora lo que sucedió en el otoño de 1854 entre Albacete y Játiva; distantes entre sí quince leguas apenas, necesitaban, sin embargo, los carruajes dos dias para llegar de un punto á otro, cuando las sesenta leguas restantes, que componen el trayecto de Madrid á Valencia, eran recorridas por los trenes en poco mas de diez horas.

No puede ser objeto de esta obra demostrar las inmensas ventajas que han resultado á los pueblos del establecimiento de las vias férreas, y renunciamos á ello con tanto más motivo, cuanto que ha dejado ya de ser necesario el hacerlo; hasta los últimos habitantes de las poblaciones mas atrasadas están convencidos, no solo de los beneficios que proporcionan los caminos de hierro á la generalidad, sino del poco fundamento con que algunos industriales creian encontrar en ellos su ruina. Pregúntese á los pueblos de la Mancha inmediatos al ferro-carril del Mediterráneo, si les seria posible volver al estado en que se encontraban hace cuatro años; si no se hallarian dispuestos á hacer toda especie de sacrificios, antes que renunciar á la facilidad de vender sus granos en el mercado el dia mismo en que necesitan fondos; á la ventaja de procurarse en un momento los artículos de primera necesidad y aun á los de lujo, que antes apenas conocian.

Los caminos de hierro constituyen ya una de las primeras necesidades de los pueblos; sin ellos, no es posible ni civilizacion ni industria, y por lo tanto ni riqueza ni poder; la nacion que no los posea ocupará siempre un lugar muy secundario en el mapa político, y aun cuando sus condiciones físicas sean tales, que la industria y el comercio no basten á pagar los gastos que ocasionen, los gobiernos se verán obligados á sostenerlos, como sostienen hoy dia las carreteras, so pena de exponerse á todas las desventàjas de un país desarmado y sin medios de defensa. Afortunadamente cuando los cami-

nos de hierro están bien administrados, cuando las compañías no se ciegan, y una codicia mal entendida no las hace desconocer sus intereses y gravar con exceso las tarifas, la industria encuentra en ellos un auxiliar poderoso, y al tomar un desarrollo, que de otra manera habria sido imposible, se convierte á su vez en elemento de vida, y lo que al principio pudo no ser mas que una carga necesaria para el Estado, pasa á constituir una fuente de riqueza, que siempre va en aumento.

El orígen de los caminos de hierro, como la mayor parte de las grandes invenciones, no puede fijarse positivamente, aunque algunos han pretendido considerar como tal una de sus épocas mas importantes, la de la construccion del camino de Liverpool á Manchester en 1830; pero ya lo hemos dicho, este hecho no es mas que una de las fases mas brillantes de la historia de esta clase de locomocion, y tan decisivo como lo fueron los trabajos de Watt en la máquina de vapor y los ensayos de Wheatstone en la telegrafía.

En 1676 se hablaba ya, en una obra titulada *Vida de Lord Keepernorth*, de los caminos con carriles de madera, usados en las minas de carbon de Newcastle para disminuir los efectos del rozamiento de las ruedas contra el suelo; no consistian mas que en dos séries de listones de madera colocados á lo largo del camino, desde la mina hasta el rio, y sobre los cuales se hacian rodar grandes carros con cuatro ruedas, por cuyo medio podia un caballo trasportar un peso triple del que arrastra por un camino ordinario bien nivelado.

A pesar del excesivo costo que para aquella época tenian esta clase de caminos, no tardaron en adoptarse en algunos distritos mineros de Inglaterra, particularmente en los condados de Durham y de Northumberland, porque la economía en los trasportes compensaba el gasto de su instalacion. No obstante, presentaban grandes inconvenientes, debidos á su poca duracion, á la flexibilidad de la madera, que cedia si los carros eran algo pesados, y á la resistencia que oponian á la traccion cuando se mojaban. Esto dió orígen á la idea de re-

vestir los listones con hoja de hierro en algunos puntos del camino, con cuya modificacion se adoptó este sistema de trasporte en casi todas las minas de carbon de Inglaterra.

Mas de sesenta años permaneció sin modificaciones notables, hasta que en 1738, reconocidas las ventajas que prestaban las partes revestidas con hoja de hierro, se ensayó por primera vez sustituir con barras de hierro fundido los carriles de madera; y treinta años despues se adoptó esta importante mejora de una manera definitiva.

En 1768 propuso el ingeniero William Reynolds un medio muy sencillo de salvar el inconveniente que presentaban las barras de hierro fundido, demasiado débiles para soportar el excesivo peso de los carros que entonces se usaban; este medio fué el de dividir la carga en varios carros de menores dimensiones, que se reunian despues, formando lo que conocemos hoy con el nombre de *tren*. Las barras empleadas por Reynolds tenian un reborde para impedir que las ruedas se salieran de la via; pero el lodo y la arena que se acumulaba en ellas les quitaba una gran parte de sus ventajas, hasta que en 1789 William Jessop las sustituyó en el camino de hierro de Longhborough con unas simples barras rectas, y para mantener sobre ellas las ruedas imaginó armar estas con un reborde. Así permanecieron los caminos de barras ó carriles, usándose en casi todas las minas de carbon de Inglaterra, sin mas innovacion, hasta principios del siglo actual, que la de sustituir el hierro maleable al hierro fundido; sustitucion importante, debida á las mejoras introducidas en la fabricacion de este metal.

En 1804 se dió otro paso importante en los caminos de hierro con la aplicacion en ellos del vapor como fuerza motriz para empujar los carros ó wagones. Esta idea de sustituir la fuerza del vapor á la fuerza animal en los trasportes, era casi tan antigua como el primer descubrimiento de Watt, pues cuatro años despues, en 1769, se sometió al exámen de un ingeniero el modelo construido por Cugnot, oficial francés, de

un carruaje de vapor, que existe aun en las salas del Conservatorio de Artes y Oficios de Paris. Este ensayo, y los no menos desgraciados de Olivier-Evans en los Estados-Unidos, tenia por objeto hacer marchar los carruajes por los caminos ordinarios. El mismo se propusieron los mecánicos Ricardo Trevithick y Andrés Vivian, ingenieros de Cornwalles, cuando en 1801 pidieron un privilegio para construir diligencias de vapor; pero era imposible vencer las dificultades que opone el rozamiento enorme de las ruedas contra un suelo desigual, los choques contra esas mismas desigualdades y el peligro de circular entre los estorbos que presenta una via pública, donde marchan toda especie de viajeros y vehículos. Renunciaron pues á la idea de llevar adelante su proyecto, despues de multiplicados ensayos, todos infructuosos, hasta que en marzo de 1802 obtuvieron otro privilegio para emplear sus carruajes de vapor en los caminos de carriles, y en 1804 se adoptaron en el de Merthyr-Tydvil, en el sur de Gáles. ¡ Cuán léjos se estaba entonces de sospechar el prodigioso desarrollo que habia de tomar semejante idea, y el grado de perfeccion á que debia llegar treinta años despues! Pero no nos anticipemos en la relacion de los hechos, y antes de mencionar la brillante época en que empezaron á realizarse tantas maravillas, detengámonos algunos instantes en el exámen de la que le precedió; época en que vemos uno de los ejemplos mas palpables de lo perjudicial que es fijarse en inducciones puramente teóricas, sobre todo cuando no sirven mas que para detener la marcha de una idea. Es cierto que las artes y la industria no sacan partido de la mayor parte de las concepciones extravagantes de hombres que proponen á ciegas la resolucion de problemas importantes; es cierto que resultan inconvenientes de realizar sin exámen semejantes concepciones; pero dichos inconvenientes son bien pequeños cuando se comparan con los beneficios que producen á su vez esos mismos pensamientos recogidos mas tarde por personas competentes, si como acontece las mas veces, la casualidad

no ha favorecido desde luego á sus primeros autores. El temor de no traspasar las teorías admitidas se debe sin duda al hecho poco natural, pero exacto, de que no hayan sido generalmente los hombres científicos los que han enriquecido al mundo con esas atrevidas invenciones que hoy nos asombran, y llevado á la exageracion, puede tener este temor otra consecuencia mas funesta que las que se trata de evitar: la de cerrar al genio el camino del progreso.

Siguiendo la preocupacion que reinaba en aquella época, Trevithick y Vivian recomendaban en su privilegio que las llantas de las ruedas, en la locomotora ó carruaje de vapor, estuvieran guarnecidas de asperezas ó ranuras trasversales para evitar el resbalamiento sobre la superficie del carril; porque se creia que la principal dificultad que se habia de encontrar en el nuevo sistema de locomocion, consistiria en la falta de adherencia de las ruedas, que no encontrando un punto de apoyo suficiente en las barras de hierro, darian vueltas en el mismo sitio por la accion del vapor. Esta idea, admitida sin exámen por todos los ingenieros, fué causa de que los caminos de hierro permaneciesen estacionarios; porque los esfuerzos de los que se dedicaban á este ramo se aplicaron á vencer una dificultad que no existia sino en su imaginacion. Así fué como Mr. Blenkensop, director del camino de hierro de las minas de carbon de Middleton, ideó una locomotora que marchaba sobre una cremallera, en la cual engranaba una rueda dentada puesta en movimiento por el piston de la máquina de vapor; esta máquina, á pesar de ser tan defectuosa, sirvió mas de doce años para el trasporte del carbon de piedra.

En 1812, Guillermo y Eduardo Chapman emplearon en el camino de hierro de Heaton, cerca de Newcastle, de donde eran ingenieros, otro procedimiento tan poco feliz como el anterior. Se reducia á colocar en medio de la via, y de distancia en distancia, puntos fijos hácia los cuales era arrastrado el tren por medio de una cuerda y un tambor colocado

en la locomotora; cuando esta llegaba al punto fijo se desenvolvia la cuerda y se enganchaba al punto inmediato.

Mas extravagante aun que los anteriores fué el sistema de un ingeniero de gran mérito, Mr. Brunton, que se propuso aplicar la fuerza del vapor, no haciendo girar las ruedas de la locomotora, sino poniendo en movimiento unas especies de muletas, que apoyando contra el suelo y levantándose, como las patas de un caballo, empujaban hácia adelante el carruaje.

Los Sres. Tindall y Bottomly de Scarborough, pretendieron dar movimiento á las ruedas de los carruajes, que formaban cuerpo con los ejes, por medio de una cadena sin fin, que pasaba sobre unas ruedas dentadas y poleas acanaladas, fijas en los mismos ejes, y al rededor de otra polea tambien dentada, puesta á su vez en movimiento por la accion de la máquina de vapor de la locomotora. La comunicacion hecha por dichos ingenieros á la Sociedad de Artes, en 1814, hablaba tambien de un freno para bajar los planos inclinados.

Estos ensayos, y otros de la misma especie, á que dió lugar la supuesta dificultad que se trataba de vencer, tuvieron fin el mismo año afortunadamente, porque el ingeniero Mr. Blackett, abandonando la errada senda que habian tomado sus predecesores, entró en la verdadera, proponiéndose determinar prácticamente el grado de adherencia de las ruedas de la locomotora con las barras-carriles, y averiguar así la cantidad de fuerza que le hacia perder el resbalamiento.

Inútil nos parece decir que los resultados obtenidos por Mr. Blackett echaron por tierra las preocupaciones que hacia diez años tenian encadenada la locomocion por los caminos de hierro, y que probaron hasta la evidencia que las desigualdades que existen siempre en la superficie del hierro, por lisa que parezca, bastan para que las ruedas de la locomotora muerdan ó se adhieran á la barra, se opongan al resba-

lamiento sobre el mismo punto, y sirvan de apoyo, haciendo avanzar los trenes mas pesados. Inútil tambien seria encarecer la importancia de este descubrimiento, uno de los que mas han contribuido ciertamente á fecundizar la idea de Trevithick y Vivian. Su feliz éxito, y los rápidos resultados que produjo, se deben en parte á las circunstancias que acompañaron los primeros ensayos de Blackett, hechos con una locomotora bastante pesada, en el camino de hierro de Wylam, cuyas barras-carriles eran planas y de gran anchura. ¡De cuán poco depende el porvenir de las concepciones mas grandes! ¡Quién sabe el tiempo que hubiera trascurrido en nuevos é infructuosos ensayos, si la locomotora del camino de Wylam hubiera sido mas ligera y los carriles de la forma elíptica que entonces se usaban generalmente en Inglaterra!

Un año despues de los experimentos de Mr. Blackett, en 1814, salió de los talleres de Jorge Stephenson la primera locomotora que merezca el nombre de tal, y que ha funcionado con éxito en un camino de hierro; fué ensayada en el de las minas de carbon de piedra de Killingworth, habiéndose conseguido arrastrar con ella ocho carruajes de 30 toneladas, con una velocidad de 4 millas por hora. La locomotora de Stephenson diferia, entre otras cosas, de las de sus predecesores, que habian seguido aplicando con pocas modificaciones la primitiva de Trevithick y Vivian, en que tenia dos cilindros verticales en vez de uno, colocados en los extremos y en el interior de una caldera cilíndrica, y esta estaba atravesada por un tubo para colocar el combustible. El movimiento se comunicaba á las ruedas de la locomotora por medio de dos codos ó cigüeñas, que ponian en juego dos ruedas dentadas, las cuales lo trasmitian á otras fijas en los ejes; pero este sistema pareció defectuoso, y el año siguiente el mismo Stephenson, asociado con Mr. Dodd, tomó privilegio por un sistema que suprimia las ruedas dentadas, y las sustituia con dos bielas, que obraban sobre unos topes ó muñequillas excéntricas, fijas en las ruedas. A esta mejora si-

guió otra propuesta tambien por Stephenson, asociado con Mr. Losh, y otras varias despues, todas de poca consideracion; pero ya en 1824, en el ferro-carril del distrito carbonífero de Hetton, y en 1825, en un ramal del de Stockton á Darlington, se aplicó este sistema en grande escala, pudiendo decirse que fueron los primeros en que se verificó.

No hubiera, sin embargo, pasado de ser un sistema imperfecto, relegado á ciertas localidades, que por sus condiciones especiales lo hallaban ventajoso, á pesar de su lentitud, sin una nueva mejora, mucho mas importante que las que se habian propuesto hasta entonces, y cuyo mérito ha hecho que se la disputen la Francia y la Inglaterra.

Esta mejora, que ha cambiado la faz de los caminos de hierro, que ha permitido obtener en ellos una velocidad extraordinaria, con la que no puede competir ningun otro género de locomocion, ha sido la invencion de las *calderas tubulares*, usadas por primera vez en el célebre concurso del 6 de octubre de 1829. Este concurso fué abierto con objeto de fijar el género de motor que pudiera aplicarse con mas ventaja al camino de hierro que estaba á punto de concluirse entre Liverpool y Manchester, aunque el fin que se habian propuesto los empresarios del camino no habia sido otro que el de librarse con él de las tiránicas condiciones impuestas por la empresa del canal de Bridgewater á todos los que tenian que conducir mercancías de un punto á otro. Los resultados del concurso fueron tan superiores á lo que se esperaba de él, que la compañía no quiso limitarse á su objeto, y destinó tambien para los viajeros lo que con dificultad se habia creido pudiese competir en el trasporte de las mercancías. En efecto, dicho camino, en que debian haberse empleado caballerías para arrastrar los carruajes, segun los primeros proyectos, y en que la velocidad no hubiera pasado de 3 ó 4 millas por hora, se vió el dia del concurso recorrido por una locomotora con una velocidad de cerca de 30 millas; esta locomotora era la de Roberto Stephenson, hi-

jo de Jorge, citado ya por haber sido el primero que puso sobre un ferro-carril una locomotora construida con arreglo á los experimentos de Blackett.

Además de la locomotora de Roberto Stephenson, llamada *el Cohete*, se presentaron otras tres en el concurso; pero ninguna pudo competir con ella, y como hemos dicho, su triunfo lo debió á la nueva forma de la caldera, en que el fuego del hogar no atravesaba su interior por un solo tubo ó cilindro, sino por varios, con lo cual, acrecentándose la superficie de caldeo, se aumentaba considerablemente su poder generador, y desaparecia el vicio principal de que habian adolecido hasta entonces los carruajes de vapor, inclusa la locomotora perfeccionada de Jorge Stephenson y de Dodd.

Hemos dicho que la invencion de la caldera tubular se la disputan la Inglaterra y la Francia, y en efecto, los autores de la primera de estas dos naciones consideran á Mr. Henry Booth como autor del pensamiento de hacer pasar el calor al través del agua por medio de varios tubos delgados, y eso solo en la locomotora; porque este principio se ve ya aplicado en las calderas de Woolf, de Griffith y tambien en la de Mr. Gordon, descrita en un privilegio de 1825. Los franceses atribuyen la idea á M. Seguin, y dan la siguiente version: La compañía propietaria de las minas de carbon de piedra de Saint Etienne y Rive de Gier obtuvo en 1826 una autorizacion para establecer un ferro-carril que facilitase el trasporte de los carbones hasta Lyon. Aunque este ferro-carril debia ser para caballerías y máquinas fijas, la Direccion pensó en que podrian usarse locomotoras, y no conociéndose aun en Francia el arte de construirlas, compró dos en los talleres de Stephenson, y fueron destinadas á servir de modelo, una en la fábrica de M. Hallettê, constructor de Arras, y otra á M. Seguin, director del camino de hierro de Saint Etienne.

Ensayadas las máquinas, se vió que no podian marchar sino con una velocidad media de 6 kilómetros por hora. No tardó en reconocer M. Seguin que la causa de este inconve-

niente en las locomotoras de Stephenson era la forma de la caldera, que producia una cantidad insuficiente de vapor por la poca superficie que presentaba á la accion del fuego; y una vez conocido el mal, aplicó el remedio con no menos acierto. El hogar de la caldera de Stephenson, colocado en un extremo, no podia obrar sino sobre una parte muy pequeña de ella. M. Seguin estableció en el interior de la caldera una série de tubos de poco diámetro, dentro de los cuales circulaban el aire caliente y el humo que tenian que atravesarlos para salir por la chimenea; la superficie expuesta al calor era así de mas de 150 metros cuadrados, el agua, rodeando los tubos por todas partes, se evaporaba rápidamente, y la fuerza disponible en un tiempo dado aumentaba naturalmente con la cantidad de vapor. Las primeras locomotoras de Seguin tenian calderas con 40 tubos, pero fueron aumentándose hasta 100 y 125.

No pudiéndose dar á las chimeneas de las locomotoras sino una altura muy limitada, era de temer que el tiro se estableciera con dificultad al través de ese gran número de tubos tan estrechos. M. Seguin venció tambien esta dificultad, colocando, primero debajo del hogar, y despues en la chimenea, un ventilador movido por la máquina misma, que producia un tiro artificial capaz de suplir la falta de altura de la chimenea; de esta manera llegó á obtener 1,200 kilógramos de vapor por hora con solo 43 tubos de 3 metros de longitud y 4 centímetros de diámetro, contenidos en una caldera de 8 decímetros.

Roberto Stephenson resolvió con mas acierto aun el problema de aumentar el tiro de la chimenea en las locomotoras; en vez del ventilador movido por la máquina, se valió del efecto que produce el chorro de vapor que se escapa de los cilindros despues de haber producido su accion en ellos; no dejándolo escapar en la atmósfera, sino lanzándolo en la chimenea, se condensa allí súbitamente, produce un vacío, hácia el cual se precipita el aire atravesando el hogar y los tubos, y acti-

va el tiro, y por consiguiente la combustion, de una manera admirable.

Con la invencion de las calderas tubulares y la inyeccion del vapor en la chimenea, puede decirse que llegaron las locomotoras al grado de perfeccion que hoy tienen; pues si bien desde 1830, en que se abrió por primera vez al público un camino de hierro para viajeros, con las locomotoras de Stephenson, se ha perfeccionado notablemente la construccion de estas maravillosas máquinas, las modificaciones han sido puramente de accesorios, ya para darles mas estabilidad, ya para aumentar la adherencia, y con ella la posibilidad de arrastrar mayores pesos ó de subir pendientes mas rápidas, pero la máquina ha permanecido en su esencia la misma. Pasarémos pues á hacer una rápida descripcion de las partes que constituyen una locomotora, tomando por ejemplo la de la figura 201, que pertenece por su forma á uno de los sistemas mas comunmente usados. Como los demás difieren poco de este, no harémos mas que mencionarlos con muy ligeras observaciones al tratar de cada una de las partes de la locomotora en que está la diferencia; pero el que quiera estudiarlo con alguna detencion, debe consultar, entre otras, la obra de Perdonnet, que nos sirve de guia en una gran parte de este capítulo (1).

Una locomotora se compone de tres partes principales: la caldera con su hogar y chimenea, el mecanismo que sirve para trasmitir la fuerza de expansion del vapor, y un bastidor ó armadura con ruedas, sobre el cual se halla montada y que le sirve al mismo tiempo de punto de apoyo para ponerse en movimiento y producir su efecto.

La caldera consiste principalmente en un cilindro horizontal *N* (figuras 201 y 202), en medio del cual, ó mejor dicho, cuyo interior todo se halla atravesado longitudinalmente por una multitud de tubos abiertos, cuyas bocas comunican por un lado con la capacidad *M*, que se llama *la caja del fuego*,

(1) *Traité élémentaire des chemins de fer*, par Aug. Perdonnet, Paris, 1856.

donde está el hogar, y por el otro con la Q, denominada *caja del humo*, sobre la cual se eleva la chimenea.

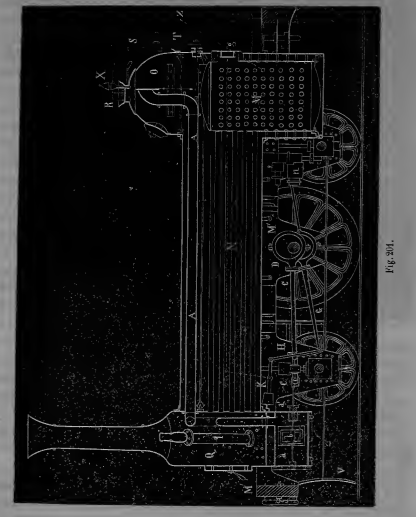


Fig. 201.

La longitud de la caldera varia mucho; $2^m,50$ tienen las antiguas máquinas de Sharp Roberts; 3^m á $3^m,50$ las modernas del mismo nombre; y $3^m,80$ á 4^m las antiguas de Stehpenson.

Los tubos, que en la mayor parte de las locomotoras pasan de 150, se hallan perfectamente unidos á las planchas que forman las bases del cilindro *N*, de suerte que al mismo tiempo que dejan pasar el humo y el aire caliente desde el hogar en que arde el combustible á la chimenea, cierran herméticamente la caldera, permiten que se llene esta de agua, y el líquido se encuentra por todas partes en contacto con el metal caldeado; la produccion de vapor es por consiguiente infinitamente mas rápida que en ninguna otra especie de máquina de vapor. Tanto la caja del humo como la del fuego tienen cada una su portezuela; la de la primera sirve solo para registrar y limpiar los tubos, la de la segunda, marcada con la letra *g*, sirve además para introducir el combustible, que ha solido ser hasta ahora coke nada mas, pero empieza á usarse con ventaja una mezcla de coke y de ulla, y la ulla solamente. La parte inferior del hogar ó caja del fuego la constituye una rejilla, que sostiene el combustible y da paso al aire que establece el tiro; las demás paredes del hogar son de dos chapas separadas por un intermedio, donde penetra el agua de la caldera, de manera que se aprovecha todo el calor desarrollado por la combustion.



Fig. 202.

La forma de la caja de fuego no es igual en todos los siste-

mas de máquinas; las de Stephenson, que se usaron primero en las líneas francesas de Strasburgo y del Norte, tienen la caja rectangular, con la parte superior semicilíndrica ó piramidal; en las locomotoras americanas es cilíndrica con la parte superior semi-esférica, y en casi todas las que se usan actualmente en Europa la caja es rectangular con su cielo completamente plano.

El vapor que engendra la inmensa superficie de caldeo que presenta la forma del generador de la locomotora, se reune en la parte superior del cilindro *N*, donde no llega el agua; ocupa tambien el espacio *O*, que hay sobre el hogar, llamado *recipiente de vapor*, y de allí pasa á los cilindros por medio del gran tubo *A*, que empieza en la parte superior del recipiente; atraviesa longitudinalmente toda la caldera, y va á bifurcarse en la parte anterior de la locomotora; el vapor se distribuye entonces en los dos cilindros *a a*, hace funcionar los pistones y vástagos *b b* de la manera que dirémos despues, pasa á los tubos *g g* para reunirse en la parte superior de la caja del humo, y sale por la chimenea, provocando un aumento de tiro, que ya hemos explicado al hablar de esta importante mejora de Stephenson.

El vapor pasa al tubo *A* por una ó varias aberturas practicadas en él, y la manera de hacerlo constituye una de las diferencias que hay entre los sistemas de locomotoras que se usan en los caminos de hierro.

Pasemos á explicar el mecanismo por medio del cual se trasmite la fuerza expansiva del vapor, antes de describir los accesorios de la caldera, porque así se tendrá una idea completa del aparato, y se comprenderán mejor los usos de las partes secundarias, si se describen cuando ya se sepa cómo obran las principales.

Despues de la caldera ó generador de vapor, la parte principal de la locomotora, como de toda máquina de esta especie, es aquella en que el vapor produce el movimiento regular de una pieza por efecto de su expansion, la que se



conoce con el nombre de cilindro motor; y como hemos indicado, las locomotoras tienen dos *a a*, colocados en la parte anterior, uno á cada lado de la caja del humo, ya debájo de esta, dentro del cuadro, como en las antiguas de Sharp Roberts y Polonceau; ya en la parte exterior del bastidor, como en las de Stephenson y en las del Soemmering. En las locomotoras de Crampton los cilindros están colocados á uno y otro lado de la misma caldera en la parte exterior; quedan por consiguiente detrás de la caja del humo.

El cilindro motor consiste, como lo hace adivinar su nombre, en un cilindro metálico, dentro del cual se mueve un émbolo, que corre con facilidad de un extremo á otro, pero adaptándose herméticamente á sus paredes, de modo que el vapor que haya de un lado no pueda pasar al otro. Tiene este cilindro tres aberturas representadas en la figura 203; por la una, practicada en una de las bases, pasa el vástago *B* fijo al émbolo, y las otras dos *C* y *D* en el costado, pero en los extremos del cilindro, comunican con la pieza *a*, que se llama la *corredera*.

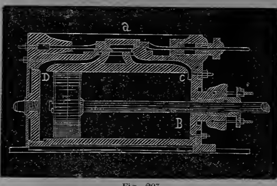


Fig. 203.

Se concibe muy bien que si se hace entrar un chorro de vapor por una sola de las aberturas, la *C* por ejemplo, el vapor ejercerá una presion sobre el émbolo y lo empujará al extremo opuesto del cilindro; si despues se condensa este vapor ó se le abre una salida, y al mismo tiempo se introduce otro chorro por la abertura *D*, el émbolo sufrirá la presion en la superficie contraria y correrá hácia el extremo *C*, arrastrando consigo el vástago *B*. Precisamente este efecto es el que hace la *corredera a*, porque segun se encuentra en la

posicion *P* de la figura 204 ó en la de la *P'*, el vapor que viene de la caldera por el tubo *A* (figura 201) pasará al cilindro por la abertura *C* en el primer caso, por la *D* en el segundo, y el émbolo empujado por uno ú otro lado, va alternativamente de un extremo á otro del dicho cilindro, y se moverá mas ó menos deprisa, segun la corredera cambie mas ó menos rápidamente de posicion.

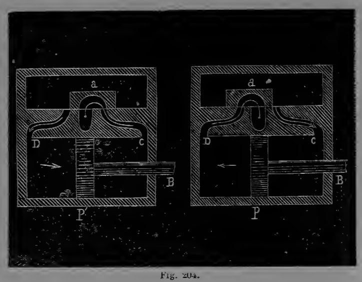


Fig. 204.

La manera de colocar ó adaptar la corredera al cilindro varia mucho en un mismo sistema de locomotoras.

Hemos dicho que el vástago *B* se halla fijo al émbolo, y sigue por lo tanto su movimiento de vaiven, pero dirigido por las guias *a' a'*, fijas en su extremo. Este mismo extremo del vástago se halla articulado con el de una biela *C* (figura 201), enganchada en la muñequilla ó excéntrico *D*, fija en la rueda á cierta distancia del centro, de suerte que hace las veces de una cigüeña, y la pone en movimiento cuando el émbolo se mueve en el cilindro. Se concibe pues cómo el vapor formado en la caldera hace marchar la locomotora sobre los carriles; pasando por la corredera va de un lado

ya de otro del émbolo, produce un movimiento rectilíneo alternativo, que por medio de la biela y la muñequilla se convierte en circular continuo en la rueda motriz; la adherencia de esta con la barra-carril la impide resbalar sobre el mismo punto, porque se oponen á ello las asperezas del hierro, y la rueda, obligada á girar, avanza como si rodara sobre una cremallera y tuviera dientes.

La corredera que distribuye el vapor en el cilindro, hemos visto que debe recibir un movimiento alternativo, que es el que regula el del émbolo, y esto se consigue por medio de un excéntrico colocado en el eje de la rueda motriz; dicho excéntrico da movimiento á una biela *G* (figura 201), que termina en una abrazadera, se engancha en la extremidad de la palanca angular *H*, y produce á su vez un movimiento de oscilacion en el vástago *K* de la corredera. Hay pues una especie de mutualidad de servicio; la corredera distribuyendo el vapor, hace oscilar el émbolo y girar la rueda; esta por medio del excéntrico y la palanca angular cambia su movimiento giratorio en otro rectilíneo, de que participa la corredera. Como son dos los cilindros, el mecanismo que hemos explicado es doble, uno para cada rueda motriz, y la muñequilla *D* se fija en cada una de ellas, de manera que estén en ángulo recto, para regularizar el esfuerzo, como se hace con toda máquina que tiene dos cigüeñas.

Las locomotoras marchan unas veces hácia adelante y otras hácia atrás, y es menester que el maquinista tenga medio de dirigirla segun convenga; para ello basta que el vapor al entrar en los cilindros empuje los émbolos y determine la rotacion de la rueda en diferente sentido, cuando se quiera hacer marchar hácia atrás; otro excéntrico, fijo de una manera inversa al eje de la rueda, produce ese efecto, y segun se enganche la palanca *H* en la abrazadera de uno ú otro excéntrico, así girará la rueda hácia adelante ó hácia atrás, porque (como lo representa la figura 205), en la misma posicion de la rueda, la accion se ejerce en diferente sentido para la

corredera, y por consiguiente para el émbolo, segun sea la línea de puntos ó la línea llena la que marque la posicion de la biela *H*. En el caso de la figura, la corredera va hácia *i*, y el vapor, entrando en dicho compartimento, empuja el émbolo hácia *d*; pero si de pronto se desenganchase la biela de *a* y se enganchara en *a'*, el movimiento de la rueda haria que la corredera fuera hácia *d*, y el émbolo por consiguiente seria empujado hácia *i*; como el movimiento de la rueda depende del émbolo, este la haria girar en sentido contrario.

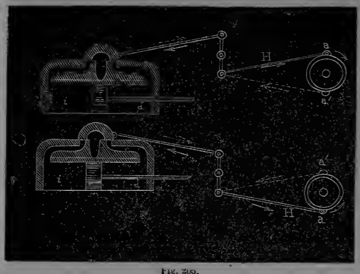


Fig. 200.

No nos detendrémos á describir los diferentes mecanismos con que se consigue el enganche y desenganche de ambos excéntricos, porque seria demasiado prolijo; baste decir que hoy se emplea casi exclusivamente el conocido con el nombre de su autor Stephenson, que además de cambiar el sentido de la marcha, tiene la ventaja de hacer trabajar el vapor en los cilindros con una expansion variable, que cambia á voluntad el maquinista. Este no necesita para ello mas que hacer describir cierto número de grados á la palanca *z* de la figura 201, que tiene á la mano, y segun la incline hácia la parte anterior

ó posterior de la locomotora, así marchará esta hácia adelante ó hácia atrás (figura 206).

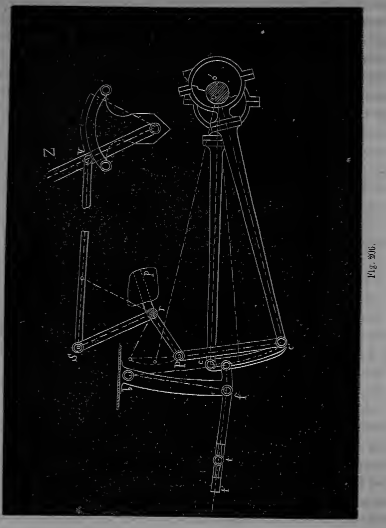


Fig. 206.

Además de las partes esenciales de la locomotora, que hemos descrito, hay otras principalísimas, sin las cuales no seria posible utilizar la poderosa fuerza de expansion del vapor y el ingenioso mecanismo que produce el movimiento.

La primera que mencionarémos es el regulador, marcado con la letra *T* en la figura 201. Es un manubrio ó palanca que tiene á mano el maquinista, por medio de la cual da vueltas á una válvula, que abre, cierra ó gradúa la entrada del vapor del recipiente *O* al tubo *A*, que lo conduce á los cilindros. Este aparato y la palanca de cambio, que hemos descrito antes, constituyen, por decirlo así, las riendas, con las cuales domina el hombre esa terrible máquina, que puede muy bien compararse al caballo mas fogoso; un simple movimiento de la muñeca le basta al maquinista para hacer entrar mas ó menos vapor en los cilindros, y acelerar ó retardar así la marcha del tren; un cuarto de revolucion del manubrio cierra completamente el paso al vapor, y la máquina se detiene; otro movimiento, en fin, en la palanca de cambio hace retroceder la locomotora con mas facilidad que si se tratara de manejar el mas dócil de los animales.

La letra *R* de la misma figura indica la *válvula de seguridad* que se pone en todas las calderas de vapor para evitar que el exceso de tension produzca una explosion. Consiste esencialmente en una abertura cerrada por un tapon ó válvula cónica, sujeta por una palanqueta, cuyo extremo se halla fijo á un resorte *S*. Cuando la presion es demasiado grande en el interior de la caldera, el vapor empuja el tapon, vence la resistencia del resorte, y levantando aquel, sale por la abertura hasta que la tension baja al grado conveniente, para lo cual se calcula la superficie de la válvula y la forma del resorte. Además de esta precaucion, se emplea la de los *tapones fusibles*.

Estos son unas láminas hechas de una aleacion metálica, que se funde á una temperatura menor que la que adquiere el metal de la caldera junto al hogar cuando el agua baja y el vapor adquiere una tension capaz de vencer la resistencia de las paredes de la caldera. El maquinista tiene además á la vista un aparatito, que le indica la tension del vapor, aparato conocido con el nombre de *manómetro;* hasta ahora se han

usado generalmente los de mercurio, en que una columna de este metal marcaba los grados de presion en una escala como la de un termómetro, pero hoy dia se prefieren los manómetros metálicos de Bourdon ó de Desbordes, en que el vapor obra sobre una espiral ó sobre una lámina de acero, y tiende á enderezar la primera ó á encorvar la segunda; una aguja que comunica con dicha pieza de acero indica el grado de esfuerzo en una circunferencia graduada.

El *silbato de señales*, representado con la letra *X* en la figura 201, es una campana colocada en la parte superior de un vástago vertical, y cuyos bordes, torneados en bisel, se colocan á corta distancia de un espacio anular muy estrecho, formado por una especie de taza de dobles paredes y del mismo diámetro que la campana. Este espacio comunica con el recipiente de vapor al abrirse una llave colocada por debajo del silbato. Basta abrir dicha espita para que el vapor precipitándose con una fuerza extraordinaria por el espacio anular, vaya á chocar contra el filo de la campana y produzca el sonido agudo de un silbato muy fuerte, que se oye á una distancia grandísima. Por medio de este silbato avisa el maquinista la proximidad del tren á las estaciones y barreras y á los operarios que trabajan en la via; por medio de él se establece tambien un lenguaje entre el maquinista, los guardafrenos y otros empleados, ya para apretar aquellos, ya para aflojarlos, etc.

Las locomotoras consumen una cantidad inmensa de agua, y como seria perjudicial y aun peligroso que el nivel de esta bajara mucho en la caldera, el maquinista tiene medio de saberlo por unos tubos de vidrio, en que se ve la altura á que se halla el líquido en el interior. Cuando baja de cierto punto es necesario seguir introduciéndola, gradualmente siempre, pero en mayor cantidad, por medio de la bomba de alimentacion *n*, que pone en movimiento el piston; el maquinista da vuelta á una llave que hay en el tubo, que conduce el agua á la caldera y gradúa el paso convenientemente.

Tanto el depósito de agua como el de carbon se hallan en un carruaje especial, llamado *ténder*, sólidamente enganchado á la locomotora ó bien formando cuerpo con esta, como en las

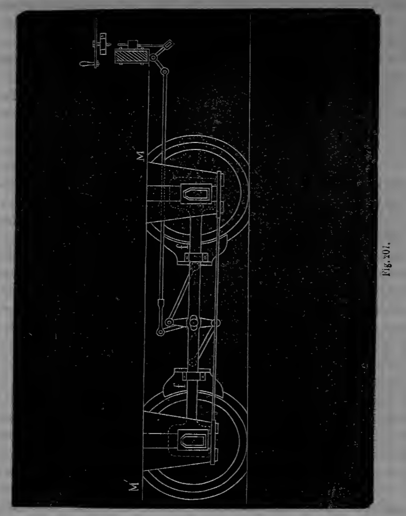


Fig. 201.

máquinas de Engerth. En uno y otro caso, las ruedas del ténder son las que reciben la accion del freno. Este puede ser de varias formas; pero el mas generalmente empleado

consiste en dos ó cuatro piezas frotadoras, de madera, que pueden aplicarse contra la circunferencia de las ruedas por mecanismos muy diversos; el de la figura 207 consiste en una palanca articulada con un vástago provisto de un tornillo ó cremallera, que el fogonero puede hacer avanzar ó retroceder dando vueltas á un manubrio. Este freno sirve para detener el tren ó retardar su marcha, impidiendo que las ruedas dén vueltas. Mas adelante explicarémos otra clase de frenos.

La locomotora, el ténder cuando se halla separado, y los carruajes, sean de la clase que quieran, se montan sobre unos marcos ó bastidores *M' M'*, en los cuales van fijas las ruedas, las cajas de grasa y los topes ó para-choques.

El bastidor puede quedar en la parte exterior de las ruedas, como en las máquinas de Sharp Roberts y Crampton, ó interiormente, como en las de Stephenson.

El número de ruedas y su posicion constituyen uno de los caractéres diferenciales de algunos sistemas de locomotoras. Antes del año 37 se hicieron estas de cuatro ruedas; pero despues, al aumentar las dimensiones de la caldera, se vió que era conveniente, ó mejor dicho, indispensable, aumentar el número: en la mayor parte de los sistemas son seis, en las americanas ocho, y en las de Engerth llegan á diez; es verdad que el ténder se halla unido á la locomotora en este sistema.

Tambien varia en los diferentes sistemas el objeto á que se destinan las ruedas; en unas hay dos motoras, y las restantes sirven solo para sostener la locomotora sobre los carriles; en otras se acoplan dos ruedas de cada lado por medio de una biela, de suerte que son cuatro las ruedas motoras y se mueven todas á un tiempo y en virtud de la misma accion. Las ruedas motoras se colocan ya en medio, entre la caja de humos y la de fuegos, ya detrás de esta. Como es natural, el eje varia en cada sistema segun la posicion de los cilindros y del marco. El bastidor de la locomotora tiene además la pieza *V* (figura 204), que se llama *rastrillo*, y se coloca en la parte anterior

para separar las piedras y otros objetos pequeños que puede haber sobre los carriles, y que ocasionarian un descarrilamiento si la rueda se encontrase con ellos al pasar. En tiempo de nieve se pone, además del rastrillo, una escoba de ballena, que la va barriendo.

Los topes ó para-choques, de que tratarémos mas adelante, son de una materia elástica, se colocan dos en la parte anterior y otros dos en la posterior de cada carruaje, procurando que queden todos á la misma altura y en la misma línea.

Las ruedas en los caminos de hierro difieren mucho de las que se usan en los carruajes para caminos carreteros, y es una de las partes del material que exigen mas esmero en los constructores y vigilancia de parte de los empleados. Como han de rodar sobre dos barras carriles paralelas, es menester, en primer lugar, que se conserven siempre á la misma distancia una de otra, sin la menor variacion, y tanto por eso como por aumentar la estabilidad de los carruajes, se fijan invariablemente al eje, de modo que este es el que gira, y ambas dan por consiguiente, el mismo número de vueltas, lo cual es un inconveniente grave en las curvas de pequeño rádio; inconveniente que se remedia algun tanto con la forma ligeramente cónica que se da á las ruedas y con la mayor elevacion del carril exterior; este último medio se debe al ingeniero M. Laignel, de quien tendrémos ocasion de hablar.

Además es preciso que las ruedas no puedan salir de los carriles, corriéndose á un lado ó á otro, y por esa razon se hallan provistas en la llanta de un reborde que queda en la parte interior de la via; disposicion con la cual hemos visto pudieron suprimirse los rebordes de las barras carriles, que ofrecian grandes inconvenientes.

La forma de las barras-carriles ha sido una de las cuestiones que mas se han debatido entre los ingenieros, y están muy léjos de hallarse de acuerdo todavía los que por su experiencia parece que hubieran debido resolver la cuestion. No nos detendrémos seguramente en examinar todas las formas pro-

puestas desde que se sustituyó el hierro forjado al hierro fundido, porque seria una tarea tan penosa como poco útil para nuestro objeto; nos basta conocer las dos formas que se disputan hoy la preferencia entre los constructores.

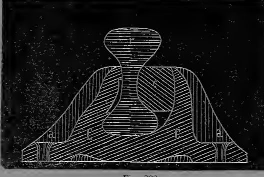


Fig. 208.

El mas antiguo de los dos sistemas de barras-carriles es el de la figura 208, que como se ve en *r*, presenta en su corte trasversal la figura de un *doble hongo* ó *doble seta*, y se llama así. Esta especie de barras descansa de metro á metro en unas piezas *C C* llamadas cojinetes, fijas sobre una traviesa de madera (figura 209), que ha de tener de longitud, cuando menos, el ancho de la via y un par de piés mas. La barra se asegura en el cojinete por medio de una cuña de madera *c*, que entra á mazo; y el cojinete se fija en la traviesa con una especie de pernios, tambien de madera, que se llaman *cabillas*, y entran en los agujeros *a a*. Tanto la forma de los cojinetes como los medios de asegurar en ellos la barra-carril han variado muchísimo, así como la de las traviesas, que algunas veces se han sustituido con paralelepípedos de piedra ó casquetes esféricos de hierro.

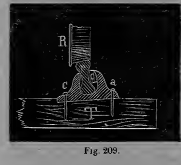


Fig. 209.

La otra forma de barras-carriles es la que se conoce con el nombre de carriles huecos ó de Brunel, nombre que tomaron del ingeniero que la propuso. Dichas barras, representadas en las figuras 210 y 211, deben descansar, no sobre traviesas, como las otras, sino sobre largueros de madera colo-

cados en la direccion de la barra y en toda su extension: no necesitan cojinetes, sino que se aseguran al larguero por medio de clavos ó tornillos de hierro. La union de dos barras descansa siempre sobre una chapa del mismo metal.

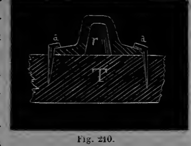


Fig. 210.

En España se ha adoptado la barra-carril de Brunel, pero en vez de colocarlas sobre largueros, se apoyan simplemente sobre traviesas de madera, como las barras macizas de doble seta, y en ese caso se necesita mayor solidez en el modo de fijar la barra en las traviesas, así como una forma especial de chapas de union.

Sea la que quiera la forma de barra-carril que se adopte, y la manera de sentarla en el terreno explanado, ya sobre traviesas, ya sobre largueros, es menester observar ciertas reglas, sin las cuales no seria posible el trasporte sobre caminos de hierro; reglas que constituyen una parte muy principal de la ciencia del ingeniero encargado de su construccion; pero como nuestro objeto no es mas que dar á conocer las partes que constituyen un ferro-carril, á la par que una ligera idea de su disposicion, nos contentarémos con indicarlas.

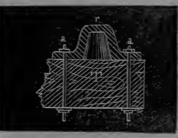


Fig. 211.

Es preciso, en primer lugar, que la distancia entre las dos barras por donde corren las ruedas sea perfectamente igual en toda la extension del camino; esta distancia es á lo que se llama, por abreviar, *la via*, y su ancho se mide generalmente por la parte interior de las barras, pero algunas veces se toma la distancia que hay entre las líneas medias ó ejes de dichas barras. El ancho que debe darse á la via ha sido una de las cuestiones mas importantes y que mas se han debatido al

proyectar las líneas férreas. En todas las de Francia y Bélgica, y en la mayor parte de las de Inglaterra, es de 1 m,44 á 1 m,46 (1 m,50 á 1 m,51, tomándola de centro á centro), pero en el último de estos países hay algunos caminos, en que el ancho es de 1 m,52, 1 m,68 y hasta de 2m,13, que es el que ha adoptado Brunel en el camino de Bristol. En Rusia es de 1 m,83, en Holanda de 1 m,93, y en España, por desgracia, se ha fijado en 1 m,67.

Considerando la cuestion científicamente, es indudable que con las variaciones que ha sufrido el servicio de los caminos de hierro, el ancho de la via ha debido aumentarse para conservar la mayor estabilidad posible, sin dejar por eso de dar á los carruajes las dimensiones que exigen la comodidad de los viajeros y la economía de las empresas; pero ¿es tan necesario ese aumento, que pueda prescindirse de los beneficios que resultan de la uniformidad del ancho de la via? No lo creemos: entre otras, la ventaja de que un tren salga de Cádiz y pueda llegar á San Petesburgo es inmensa, no tanto para los viajeros como para las mercancías, cuyo precio aumenta extraordinariamente cuando tienen que cargarse y descargarse varias veces, al paso que disminuye con eso su bondad, cuando no se pierde completamente.

La comision nombrada por el gobierno inglés para examinar esta cuestion, y uno de los principales autores que han escrito sobre caminos de hierro, opinan que con la nueva disposicion que se ha dado á las máquinas no hay ninguno de los inconvenientes que se han supuesto á las vias de 1 m,44 de ancho, en las cuales se puede llegar á obtener una velocidad de 100 á 110 kilómetros por hora, infinitamente superior á la que es prudente llevar, y por consiguiente seria inútil tratar de conseguir mayor rapidez, que es á lo que conduciria únicamente el ensanche de la via.

La entrevia, que es el espacio comprendido entre dos vias paralelas sobre la misma explanacion, es de 1 m,80 en la mayor parte de los caminos de Francia y Bélgica; pero llega á

tener en algunos $2^m,50$, y en España se ha fijado en $1^m,81$.

Es menos importante la uniformidad de su ancho que el de la via; pero debe ser siempre tal, que dos trenes que marchen en sentido contrario, al cruzarse dejen entre sí un espacio capaz, cuando menos, de evitar que los estribos se choquen, y que una portezuela abierta por inadvertencia en uno de ellos, pueda herir á los viajeros que saquen la cabeza por las ventanillas del otro.

Se llama *acotamiento* la distancia que hay entre la línea exterior de las barras extremas de un ferro-carril, y la línea en que empieza el talud del desmonte ó terraplen; para este último el ancho debe ser de $1^m,50$ cuando menos, y de 1^m en los desmontes, en los puentes y en los subterráneos. Estas dimensiones dependen, sin embargo, de la naturaleza del terreno, y solo la mayor ó menor economía con que se quiere hacer la construccion puede marcar su límite; pero seria conveniente aumentarlas lo posible para proporcionar solidez al camino y seguridad á los empleados y aun á los viajeros, pues impide que los desprendimientos del terreno lleguen á la via, y que en los descarrilamientos los trenes se precipiten desde lo alto de un terraplen ó vayan á chocar contra las paredes de un desmonte.

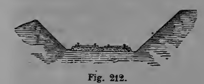


Fig. 212.



Fig. 213.

Las figuras 212 y 213 representan dos cortes del mismo camino de hierro; el primero dado en un terraplen, y el otro en un desmonte. Además de las vias, de la entrevia y de los acotamientos de que ya hemos hablado, se ve en las figuras la disposicion de las cunetas para recoger las aguas y el *balasto*, *balastre* ó *balastaje*, que es una capa de arena, de grava ó de otra sustancia permeable, sobre la cual se colocan las traviesas, pues si el agua no pudiera filtrarse y correr fácilmente,

el camino llegaria á hacerse impracticable. Los ingenieros recomiendan mucho que el balastre cubra enteramente las traviesas, tanto para mantenerlas en su posicion, como para impedir la putrefaccion de la madera, aunque algunos pretenden que se conservaria mejor si permaneciera descubierta, libre del contacto de la tierra húmeda. Lo general es cubrirlas enteramente cuando se puede, y emplear, como hemos dicho, un material impermeable y de alguna consistencia. La arena, cuando es gruesa y contiene poca arcilla, es el mejor material para balastre, porque no se forma lodo con las lluvias ni produce polvo al paso de los trenes; el primero conservando la humedad, destruye mas pronto lo que se llama el *material fijo*, es decir, los carriles, cojinetes y traviesas, y el segundo, introduciéndose en los ejes y maquinaria, estropea el *material móvil*, ó sean las partes que constituyen un tren.

Conocida ya la estructura esencial de un camino de hierro en un punto cualquiera de la línea, hay que considerar esta en su desarrollo y hacerse cargo de su *planta* ó línea propiamente dicha, y de su *pendiente* ó *perfil*.

Como el movimiento de traslacion en los caminos de hierro se debe á la adherencia de las ruedas motrices con los carriles, y esta fuerza es menor á medida que el plano en que corren aquellas se separa de la horizontal, resulta que segun la naturaleza de las máquinas empleadas, hay un límite de inclinacion, que no podria aumentarse sin que la adherencia quedara completamente vencida por la gravedad del tren, y este no podria subir por la accion sola de las locomotoras. Uno de los principales cuidados, pues, de un buen ingeniero, es trazar un camino con el menor número de pendientes posible, y que estas no pasen del límite conocido, sin aumentar por eso demasiado la longitud de la línea y la importancia de los trabajos de explanacion.

Los ferro-carriles se dividen segun su inclinacion en caminos de pendientes suaves, de pendientes medias y de gran-

des pendientes. Los primeros son aquellos en que la inclinacion no llega generalmente á 8 ó 10 milímetros por metro; en los de pendientes medias, la citada inclinacion es la que domina en una parte notable de su longitud; y son caminos de pendientes fuertes, los que admiten declives de mas de 10 milímetros; pudiéndose citar entre los mas notables el de Viena á Trieste, que tiene en el paso del Soemmering una pendiente de 2^m,50 por 100; y sobre todo, el de Turin á Génova, en que la inclinacion llega á ser de 3^m,50, mayor que en ninguna otra de las líneas principales de comunicacion que se han construido hasta el dia. En las que exceden de esta pendiente, y aun en otras que no llegan á ella, se hace uso de *máquinas fijas*, como en el camino de Lieja á Bruséias, ó de *planos automotores*, como en el de Hetton, cerca de Newcastle.

Los planos automotores se establecen cuando el servicio del camino de hierro es tal, que los trasportes con cargas se hacen siempre bajando, y los de vacío subiendo el plano. El mecanismo empleado consiste en una cuerda algo mas larga que el plano inclinado, á cuyos extremos se enganchan los dos trenes, el vacío en la parte inferior, y el cargado en la superior. La cuerda está sostenida de distancia en distancia por unos rodillos fijos en el suelo, para disminuir el rozamiento, y da una ó mas vueltas al rededor de una polea ó torno, provisto de su freno, para moderar la velocidad cuando es excesiva por efecto de la carga.

Las máquinas fijas se emplean cuando hay que subir carruajes cargados por un plano inclinado inaccesible á las locomotoras. La máquina, colocada en lo alto del plano, pone en movimiento un tambor, en el cual se enrosca la cuerda, á cuyo extremo se ha enganchado el tren. Los carruajes bajan por la accion de la gravedad sola, moderada por los frenos que lleva el mismo tren.

Por la misma razon que es preciso algunas veces dar á los ferro-carriles una inclinacion mas ó menos grande, pero que aumenta siempre la dificultad del trasporte, es indispensable

tambien separarse de la línea recta para ir de un punto á otro.

Los ingenieros han adoptado como el sistema mas ventajoso trazar el mayor número de rectas posible, y unirlas entre sí por arcos de círculo, ya de un solo rádio entre dos rectas, ya de varios centros colocados á un mismo lado de la via, ya situados en los lados opuestos. Sea el que fuere el caso que se presente, es menester que la línea perpendicular á los rádios en los puntos de union sea tangente á las dos curvas, ó lo que es lo mismo, que los dos centros y el punto de tangencia se hallen en la misma línea, ó bien cuando la union es entre una curva y una recta, esta ha de ser tangente á aquella en el punto mismo de union.

Con semejante disposicion, los trenes pasan con menos violencia de una curva á otra ó de una recta á una curva.

A pesar de esta precaucion, un tren lanzado á toda velocidad y recorriendo una curva, tiende á escaparse por la tangente, y así sucederia irremisiblemente si no fuera porque se lo impide el reborde de las ruedas; basta pues en ese caso el menor obstáculo interpuesto en los carriles, la menor solucion de continuidad ó defecto en las ruedas, para que estas abandonen las barras que las guian y tenga lugar un *descarrilamiento*, tanto mas inminente cuanto menor es el rádio y mayor la velocidad; por esa razon, segun el servicio á que se destina cada camino de hierro, se fija el límite menor que han de tener los rádios de las curvas, y cuando son muy pequeños, un maquinista prudente disminuye la velocidad del tren.

Reconociendo que las curvas de pequeño rádio hacen disminuir la velocidad en un camino de hierro y pueden ser causa de accidentes, los constructores evitan lo posible trazarlas de un rádio menor de 500 metros; solo en casos especiales las emplean de 300, y muy rara vez llega á menos de 200, como en el camino de Viena á Trieste, donde se encuentra una de 190 metros en el paso del Soemmering.

Se han propuesto y se emplean algunos medios de evitar los inconvenientes de las curvas, tanto para disminuir la tendencia que tiene un tren á escaparse por la tangente cuando lleva cierta velocidad, como para aminorar la friccion del reborde ó pestaña de las ruedas contra los carriles, y el que ocasiona el resbalamiento de las mismas ruedas sobre las barras, debido este á que hallándose ambas ruedas fijas al mismo eje, tienen que dar el mismo número de vueltas, á pesar de que recorren distancias diferentes.

El sistema empleado generalmente fué propuesto por M. Laignel, y consiste en elevar el ferro-carril exterior sobre el interior en proporcion inversa al rádio de la curva. M. Arnoux, en el camino de hierro de Paris á Orsay, que dirige hace muchos años, ha empleado otro sistema, inventado por él, que consiste en articular los ejes de cada carruaje de manera que en las curvas tomen la direccion del rádio de estas. En el camino de Cromford á Peakforest, en el de Derbyshire, los carruajes tienen un eje para cada rueda, y así se disminuye una de las causas de rozamiento.

A pesar de las pendientes y de las curvas que se dan á los ferro-carriles para disminuir los gastos de construccion, no es posible llevarlos de un punto á otro sin hacer lo que se conoce con el nombre de *obras de arte*, que tienen por objeto conservar el nivel y la direccion en ciertos límites, venciendo los obstáculos que oponen la naturaleza del terreno, sus accidentes, y ciertas construcciones ya establecidas por los hombres, y que no podrian hacerse desaparecer sin inconvenientes mayores que los que ocasiona un exceso de gasto en el ferro-carril. Las obras de arte á que nos referimos son los *túneles*, *viaductos*, *puentes*, *pontones* y *alcantarillas*.

Se llama *túnel* ó subterráneo á una galería que se abre en una montaña ó colina, cuando el nivel á que puede pasar por ella el camino de hierro exigiria un desmonte mas costoso que la apertura del túnel. Si la roca en que se abren estos subterráneos no es muy consistente, se revisten de mam-

postería, formando una bóveda bastante alta para que las chimeneas de las locomotoras no tropiecen nunca en el techo; por consiguiente se les da siempre mas de 4 metros sobre la línea media de las vias, porque hay que advertir que en general se abren para dos, con la entrevia correspondiente y acotamientos de un metro próximamente desde la barra exterior á los taludes, de suerte que su anchura suele variar entre 6 y 8 metros. El ingeniero procura siempre que los subterráneos tengan la menor pendiente posible, y que se abran en línea recta ó en curva muy suave, pues como verémos mas adelante, están mas expuestos á accidentes que otros puntos de la línea. Hay subterráneos muy largos en los caminos ya construidos, siendo de los mas notables el de la Nerthe, entre Aviñon y Marsella, que tiene 4,600 metros, y el que se encuentra entre Sheffield y Manchester, de 4,800 metros.

Los *viaductos*, *puentes*, *pontones* y *alcantarillas* no difieren entre sí mas que por las dimensiones de la obra y el lugar en que se construyen. Todo el mundo sabe lo que es un puente; una obra de mampostería, de madera ó de hierro, que sirve para atravesar un rio, un canal ó un barranco profundo, en que no seria posible establecer un terraplen, sin hacer mayores gastos que los de la obra de arte, ya por las dimensiones, que exigirian una mano de obra inmensa, ya por el terreno que ocuparia con el declive de las tierras. En este caso, y siempre que el puente no atraviesa una corriente de agua, es cuando recibe propiamente el nombre de *viaducto;* pero como verdaderamente no se diferencia en nada de un puente, suelen aplicarse indistintamente los dos nombres en ambos casos. Si la corriente de agua que se atraviesa no exige un puente de mas de cuatro ó cinco metros, que se cierra siempre con un solo arco, se llama *ponton;* y si no llega á dos metros, cambia esta denominacion por la de *alcantarilla*.

Los puentes en los caminos de hierro sirven algunas veces

para hacer que dos vias de comunicacion se crucen á distinto nivel, y se llama de la misma manera, ya sea el camino de hierro el que pase por debajo de la carretera, ya sea por el contrario el que se halle sobre el puente.

Entre los puentes y viaductos dignos de mencionarse, citarémos el viaducto inmediato á Lóndres, del Eastern-Counties railway, que tiene 2,000 metros de largo por 6 de altura; el camino de hierro de Greenwich, que es todo él un verdadero viaducto, de 6 kilómetros de largo y de 8 á 15 metros de altura; el de Congleton, entre Manchester y Birmingham, de 641 metros de largo y 30 de altura; el de Goltzsch en Alemania, que se eleva 80 metros y tiene de longitud 578, y en fin, el célebre puente tubular construido por Roberto Stphenson en el camino de hierro de Chester á Holyhead.

No siempre es posible ni conveniente establecer puentes á una altura tan considerable como el Britania, ya citado, que se eleva 30 metros sobre las mareas mas altas, y permite por consiguiente el paso de los buques por debajo; hay que recurrir entonces, aunque se evita siempre que se puede, á los *puentes levadizos* y á los *puentes giratorios*, móviles al rededor de un eje horizontal ó vertical, que permite bajar y levantar el tablero ó colocarlo paralelamente al borde del rio, canal ó camino sobre el cual se halla establecido. Cuando son muy largos estos puentes, se dividen por la mitad en dos partes independientes una de otra, que cuando se abren quedan á un lado cada una. Los puentes y viaductos, como las demás obras de arte, se hacen por lo general para dos vias, aunque no se siente mas que el material de una de ellas.

El cruzamiento de dos caminos de hierro, ó de un camino de hierro y una carretera, no se verifica siempre por encima ó por debajo uno de otro, muchas veces se halla al mismo nivel, y es lo que se conoce con el nombre de *pasos de nivel* en el segundo caso, y *cruzamientos de nivel* en el primero.

Cuando un paso de nivel es solo para los que transitan á

pié, no hay que variar en nada la manera de poner la via, y basta tomar precauciones mas ó menos grandes, segun los peligros á que dan lugar la frecuencia del tránsito y el carácter de los transeuntes; pero si el *paso de nivel* es para que puedan pasar carruajes por cima de la via, es menester que al atravesarla lo hagan sin hallar un obstáculo en los carriles y sin estropearlos. Esto se consigue encajando las barras-carriles en el piso, como lo indican las figuras 214 y 215, entre dos barras de hierro, que se llaman *contra-barras*, de suerte que la rueda de un carruaje pasa sin tocar á la barra-carril al atravesar la via; los extremos de las contra-barras deben estar encorvados como lo indica la figura 214, para que si la rueda de un wagon se desvia algun tanto de la línea, léjos de encontrar un obstáculo en la contra-barra, esta le sirva de guia y lo encamine en la direccion que debe tomar.

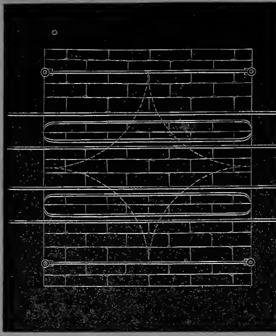


Fig. 214.

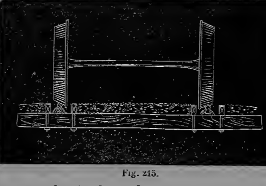


Fig. 215.

Los caminos de hierro en Francia están siempre cerrados en toda la extension de la línea por una doble empalizada ó un encañado mas ó menos sólido, que protege la via. Esta valla se hace algunas veces con alambres de hierro galvanizado, fijos á unos postes de madera de $1^{m},50$ de altura, y tendidos por unos aparatos especiales; en otros caminos no tienen estas vallas sino en las inmediaciones de los pueblos; pero está mandado que cuando menos tengan todos cerrados los pasos de nivel, ya por medio de simples *barreras* ó barras atravesadas en dos postes, ya por medio de rejas, que es á lo que se aplica comunmente el nombre de barreras.

Estas barreras se colocan generalmente en los puntos en que la via está cruzada por una calle ó carretera por donde tansitan carruajes, y se le da la disposicion que representa la figura 216, es decir, que las hojas de la barrera pueden cerrar ya la via, ya la carretera, segun convenga, debiendo siempre estarlo una de las dos. Cuando la carretera es ancha, y se quiere que el paso lo sea tambien, las verjas son de dos hojas, y se ponen cuatro, formando un cuadro, de manera que cada hoja pueda cerrar con otras dos, unas veces el arrecife, otras la via férrea (figura 216).

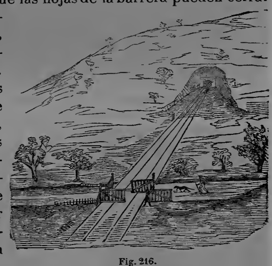


Fig. 216.

Un caso muy frecuente que ocurre en los caminos de hierro, es el de tener que hacer pasar los carruajes ó máquinas de una via á otra, sobre todo en las estaciones de los caminos de doble via y de via sencilla, y en estos últimos además cuando se quieren establecer de trecho en trecho *apartaderos*

para que puedan cruzarse dos trenes entre dos estaciones.

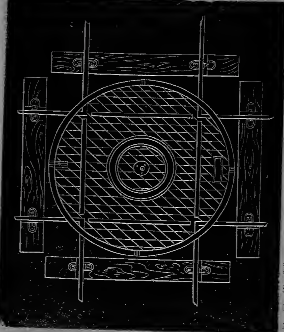


Fig. 217.

Los aparatos con que se verifican estos cambios son de tres especies: las tornavías, plataformas ó mesas giratorias, los carros de servicio y las agujas ó cambios de via.

Las tornavías (figura 217) consisten en un trozo de via colocada sobre una meseta circular, de un diámetro suficiente para que quepan en ella las ruedas extremas de cada uno de los carruajes ó máquinas que quieran pasarse de una via á otra. Esta meseta gira sobre un eje apoyado en unas roldanas, de manera que la parte de via móvil que hay sobre ella puede colocarse en frente de cualquiera de las líneas de carriles, que vienen á parar á la circunferencia ó borde de la meseta; las figuras 218 y 219 dan una idea de la manera de combinar las tornavías cuando hay varias vias, y segun sea la posicion de las unas respecto de las otras.

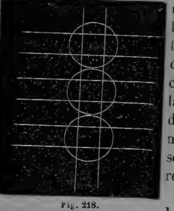
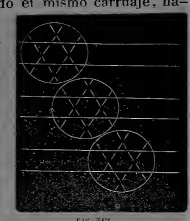


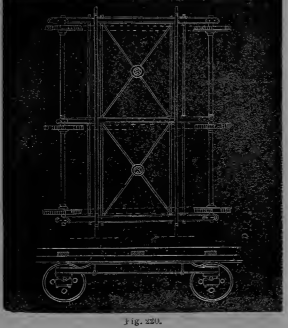
Fig. 218.

Una vez colocado el carruaje sobre la parte de via móvil, no hay mas que calzarlo para que no se salga de las barras-carri-

les, y varios operarios empujando el mismo carruaje, hacen dar vuelta á la tornavía, hasta que toma la posicion que se le quiere dar, lo cual se consigue sin dificultad con unas aldabillas de que está provista la meseta, y que se enganchan al girar en unas cajas colocadas en la circunferencia de modo que la via móvil quede frente á la fija. Las plataformas para las máquinas se hacen girar por medio de un sistema de ruedas dentadas y cremalleras, que forma parte de la plataforma, y sin la cual seria difícil conseguirlo, por su gran peso.


Fig. 219.

Para hacer pasar los carruajes ó máquinas de una via á otra, cuando son paralelas, pueden emplearse *carretones de servicio* en vez de plataformas (figura 220). Como estas consisten en un trozo de via móvil, colocada sobre un carreton, en vez de estar sobre una meseta; y en lugar de girar sobre un eje, corre por unos carriles perpendicularmente colocados á los de las vias. La figura 221 representa la disposicion por


Fig. 220.

medio de la cual en un cocheron del camino de hierro de Saint Germain puede hacerse que todas las máquinas, sea cualquiera el sitio en que se encuentren, pasen de las vias paralelas *a a a a* á las convergentes *b b b b*, ó vice-versa. Con mecanismos que no es del caso describir, se puede evitar que la via quede interrumpida para dar paso al carreton de servicio, y puede por consiguiente emplearse este sistema en vez de plataformas para las vias principales, pero segun parece, no presenta grandes ventajas. Este mecanismo, que consiste esencialmente en elevar los carruajes sobre el nivel de las barras-carriles de la via, se consigue algunas veces por medio de la presion de una columna líquida, y entonces se llama el aparato *carreton hidráulico*.

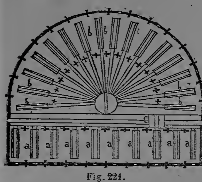


Fig. 221.

Los dos medios de cambiar de via que hemos explicado no permiten el paso de los carruajes sino uno á uno, y exigen un motor especial para hacerlo. Las *agujas*, que se particularizan tambien con el nombre de *cambios de via*, permiten por el contrario que pase todo un tren, y que esto lo haga á impulsos del movimiento mismo de la locomotora, sin que el hombre tenga que intervenir mas que para dirigir el tren.

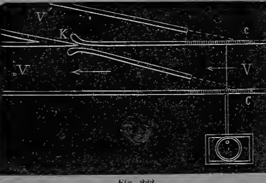


Fig. 222.

Cuando una via principal *V V* (figura 222) se bifurca en un punto *c c*, es menester que un tren que la recorra en direccion de la flecha pueda pasar segun

convenga á la via V', ó seguir la principal; ó bien que marchando por una de las dos en sentido contrario á la flecha, pueda continuar sin obstáculo por la V, ó volver á tomar la contraria de la que traia. El aparato que se coloca en el punto c c para conseguir esto, es lo que recibe el nombre de agujas ó cambio de via; pero en K, donde las dos vias se cortan, es preciso darles á estas una disposicion particular que deje pasar los rebordes de las ruedas sin cabalgar sobre las barras ni experimentar un choque sensible; esta disposicion se llama *cruzamiento de via*, y puede verse en la misma figura 222.

Tres son los sistemas de cambio de via que se conocen, y los explicarémos con alguna detencion, porque es interesante hacerse cargo de la clase de peligros que cada uno de ellos presenta.

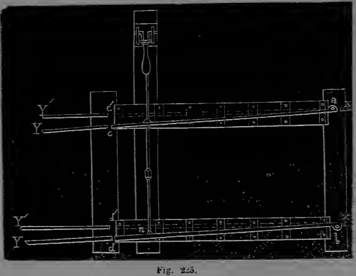


Fig. 223.

La figura 223 da idea del primero de los sistemas de cambios de via, llamado *sistema belga;* se compone de dos barras b d y a c, de la forma de las barras-carriles, que se llaman *agujas*, reunidas por una varilla ó vástago articulado n o, y que puede girar al rededor de los puntos a y b en el plano del camino, de suerte

que cuando se hallan en la posicion *a c*, *b d*, que indica la figura, un tren que venga por *X* pasará á *Y*, pero si empujando el vástago *o n*, se hace tomar á las agujas la posicion *a c'*, *b d'*, que marcan las líneas de puntos, el tren pasará de *X* á *Y'*.

Este sistema de agujas es muy sencillo, y tiene la ventaja de poderse aplicar á un número cualquiera de vias, como se ve en la figura 302, capítulo XII, en que tres vias vienen á reunirse en una sola; pero á pesar de eso, se ha abandonado en todos los caminos de hierro que se construyen de algun tiempo á esta parte, porque es muy peligroso. En efecto, si un tren que viniese de la via *Y'* hácia la *X* encontrara las agujas en la posicion *a c*, *b d*, descarrilaria inevitablemente.

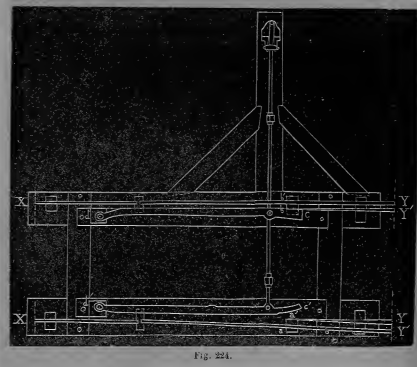


Fig. 224.

En el segundo sistema de cambio, conocido con el nombre de *sistema de contra-barras*, la via se halla enteramente fija, interrumpida solo en una pequeña distancia en *a* y en *b*

para dar paso á los rebordes de las ruedas. Los trenes toman una ú otra via (figura 224), segun la posicion de dos barras planas *c d* y *c' d'*, que se llaman tambien *agujas*, pueden girar en el plano del camino, al rededor de los puntos *d* y *d'* y apoyar contra el carril *b* ó contra el *a'*. Estas agujas son mas altas que las barras-carriles, de suerte que hacen el efecto de contra-barras, y cuando tienen la posicion que indica la figura, un tren que venga de *X* sigue corriendo sin dificultad por *Y;* pero si se las hace girar y ocupar las líneas de puntos, la aguja *c' d'* apoya su extremo contra el carril *a'*, presenta un obstáculo á la primera rueda del tren que viene por *X*, se ve obligada á seguir el carril *a*, y como la rueda gemela está invariablemente unida á ella, toma el carril *b*, aunque no encuentra obstáculo ninguno en *b'*.

Este sistema tiene sobre el anterior la ventaja de no producir descarrilamientos, cualquiera que sea la posicion de las agujas, porque estas terminan en bisel, como lo indica la figura; y si un tren llegara por la via oblícua estando la aguja *c d* apoyada contra el carril *b*, la rueda no seria detenida por el extremo *c*, como parece á primera vista, sino que subiria por el plano inclinado que forma, y vendria á caer sobre el carril *b'* del lado *X* de la via, con un fuerte sacudimiento. Este sacudimiento, y el inconveniente de que los cambios ó desviaciones no puedan hacerse bastante suaves, han decidido á abandonar el sistema de contrabarras.

Las agujas en el tercer sistema de cambio de via, llamado de Wyld, pero cuya primera idea es del hombre á quien mas deben los caminos de hierro, á Stephenson, son dos barras-carriles, terminadas en punta en *b* y *b'*, figura 225; giran al rededor de los puntos *a a'*, y por medio de un vástago semejante al que describimos en el primer sistema, se mueven paralelamente una á otra, ya aplicando al carril la *a b*, como lo indica la figura, en cuyo caso el tren seguirá la via recta *Y*, ya la *a' b'*, como lo marcan las líneas de puntos, y entonces el tren pasará de la via recta á la oblícua *Y'*, por cima de las barras-carriles

móviles, que se hallan á la misma altura que las fijas, y que se adaptan á ellas perfectamente; porque tienen los extremos afilados y dispuestos de manera que entren debajo del hongo

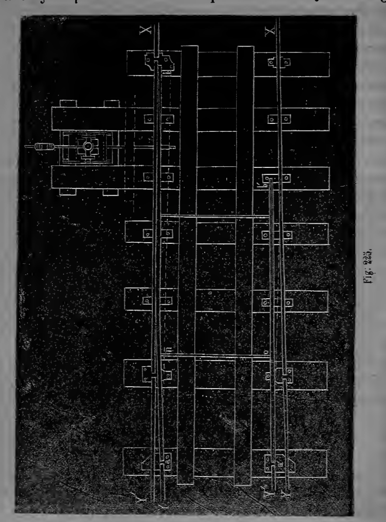


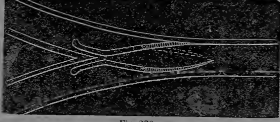
Fig. 225.

que forma la parte superior del carril. No es peligroso este sistema cuando las agujas están mal colocadas, porque un tren que venga por la via oblícua cuando estén preparadas para la recta, al llegar al ángulo *b*, el reborde de la rueda em-

puja la barra móvil en la direccion de la línea de puntos, y ella misma se prepara el cambio para entrar sin sacudimiento en la via recta. Además de esa ventaja, este sistema tiene la de presentar una via no interrumpida, y por esa razon se prefiere á todos los demás.

Es muy importante que las dos agujas no sean de igual longitud en este sistema, cuando una de las vias es recta y la otra oblícua ó curva; porque si hay una causa que impida que la aguja de la via oblícua se adapte perfectamente á la barra, y quedan ambas agujas en una posicion intermedia entre las dos normales que debe tener, al llegar el tren á dicha aguja, el reborde de la rueda la separará completamente, y cuando la rueda gemela llegue al extremo de la otra aguja la encontrará adaptada á la barra, porque habrá seguido el movimiento impreso á la primera; y el tren continuará marchando sin obstáculo por la via recta, donde ya habia entrado; pero si las agujas fueran de la misma longitud, las dos ruedas llegarian al mismo tiempo frente á las dos puntas, y estando ambas separadas de los carriles fijos, una rueda seguiria la via recta, la otra la oblícua, y el resultado seria un descarrilamiento. (Véase la figura 225.)

Perdonnet supone que cuando las dos vias en que se bifurca una tercera son curvas, y están igualmente inclinadas sobre una recta (figura 226), las dos agujas tienen que ser necesariamente de la misma longitud; pero no vemos semejante necesidad, que tendria en


Fig. 226.

este caso el mismo inconveniente que en el de una via curva ú oblícua y otra recta.

Hemos indicado ya que las agujas del primer sistema de cambio se mueven empujando el vástago articulado que las

une; y esto se hace, ya uniendo el vástago á un excéntrico, que las mantiene en cada una de las posiciones en que deben conservarse, á pesar de la fuerza contraria que hacen los rebordes de las ruedas, ya por medio de palancas, como las de la figura 227: el vástago ó varilla se articula en el brazo mas corto de la palanca, y sobre el mas largo actúa el guarda-agujas que cuida del cambio.

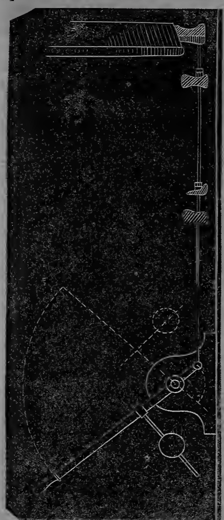
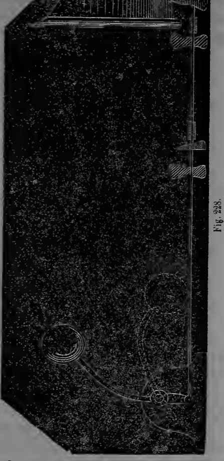


Fig. 227.

Este misma sistema de palanca es el que se emplea para maniobrar los cambios de agujas de Wyld; pero se le añade á la palanca un contrapeso, dispuesto de una de las dos maneras siguientes:

El contrapeso de la figura 227 está al extremo de una barra, que se introduce en la palanca por un ojo que la mantiene perpendicular á ella. Ya esté la palanca en la posicion que indica la figura, ó en la contraria, marcada por los puntos las agujas permanecen aplicadas á las barras en cualquiera de las dos posiciones, por la accion sola del contrapeso, pues basta dar vuelta á la barra para que el contrapeso pase de un lado á otro.

El contrapeso de la figura 228, colocado al extremo de la palanca, tiende á ponerla siempre en la posicion que indican las líneas de puntos, y no puede sostenerse en la otra sino levantándola, y manteniéndola así todo el tiempo que tarda en pasar el tren. Esta especie de contrapeso es muy ventajoso para las agujas de un cambio que conduce de una via muy transitada á otra donde no se entre con frecuencia, porque puede decirse que se arregla por sí misma; pero ofrece el peligro de que si el guarda-agujas abandona la palanca antes de que todas las ruedas del tren hayan pasado, una parte de él seguiria una via, la otra entrará en la opuesta, y el descarrilamiento es inevitable. Por esa razon el contrapeso de la figura 227 se prefiere al que acabamos de explicar, y va generalizándose mas, á pesar de la oposicion que encuentran todas estas modificaciones en los encargados de la explotacion de un camino de hierro.


Fig. 228.

Hemos dicho ya que con el primero de los sistemas de cambio se puede con un solo par de agujas pasar de una via á dos, tres ó mas, y basta, en efecto, considerar la figura 223 para convencerse de que con solo empujar mas ó menos el

vástago *n o*, las agujas se irán presentando enfrente de cada una de las vias.

Para resolver el mismo problema con agujas de punta, es decir, con las generalmente adoptadas, se necesitan dos pares de agujas, maniobradas cada par con una palanca diferente (figura 229).

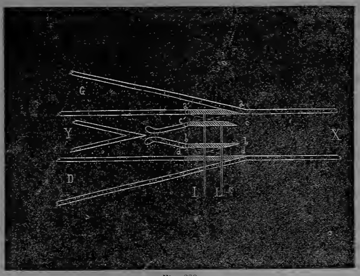


Fig. 229.

Las dos agujas *a a′ b b′* forman el primer par, y el segundo lo constituyen *c c′* y *d d′*. En la posicion que ocupan ambos en la figura, el tren pasará de la via *X* á la *Y;* para hacerlo pasar á *G* bastaria mover el vástago *L* por medio de su *palanca*, de modo que las agujas *a a′* y *b b′* tomaran la direccion *c a′ d b′*; y si fuese á la línea *D* adonde debiera marchar el tren, con la palanca *L′* tomaria el otro par de agujas la direccion *a c′* y *b d′*.

Al hablar de los cambios de via, hemos indicado ya que se llama *cruzamiento de via* á la disposicion particular que es preciso dar á las barras-carriles en una bifurcacion, para que puedan pasar las ruedas sin obstáculo alguno. Cuando dos vias se cortan formando un ángulo mas ó menos agudo, sin

empalmar una en otra, hay que dar la disposicion representada en la figura 230, que se llama *paso de vias*, y en la cual se necesitan dos *cruzamientos de via* y una disposicion análoga, llamada *corte de vias*, de que es fácil darse cuenta con solo examinar la figura; los contra-carriles *D D'* son indispensables para evitar que el tren que sigue una via pueda introducirse en la otra.

Fig. 230.

Si el paso de via es en ángulo recto, ó se aproxima á los 90°, basta cortar los carriles de las vias transversal y principal, de manera que pueda pasar el reborde de las ruedas por ambas (figura 231) sin tropiezo ninguno, pero procurando que la solucion de continuidad sea muy pequeña.



Fig. 231.

Otra de las partes accesorias, pero cuya disposicion nos conviene examinar, son los *andenes* de las estaciones; especies de aceras que se extienden á lo largo del edificio que sirve de embarcadero, á uno y otro lado de las vias en las estaciones de primero y segundo órden, y á uno solo en las de tercero. La anchura de los andenes varia infinitamente; pero es esencial que se extienda hasta la vertical de los estribos de los carruajes. En cuanto á su altura, se calculaba antiguamente de manera que se hallasen á un nivel de pocos centímetros mas bajo que el piso de

los carruajes, es decir, de unos 90 centímetros sobre los carriles, pero hoy dia se ha encontrado mas ventajoso dejarlos al nivel de los estribos, ó sea á una altura de 35 centímetros; disposicion que presenta grandes ventajas para el servicio de la estacion, y que como verémos, no es indiferente para la aplicacion de nuestro sistema de señales.

Inútil nos parece, no siendo esta una obra especial de caminos de hierro, entrar en la descripcion de todas las partes que constituyen el establecimiento de una línea férrea. La forma y disposicion de las estaciones, de las cocheras, almacenes y demás edificios; la descripcion de las gruas simples ó hidráulicas, depósitos de agua, de combustible, etc., etc., son muy importantes en sí mismas; pero no para el objeto que nos hemos propuesto en esta obra, dedicada principalmente á exponer los medios por los cuales podria aplicarse la electricidad al mejor servicio, y sobre todo á la seguridad de los caminos de hierro. Lo que nos interesa es ver cómo se hace ese servicio, examinar los inconvenientes que presenta, y para ello conocer todo lo que tenga una relacion íntima con él. Hemos pasado ya una revista rápida, pero completa, de las partes que constituyen la via y sus accesorios; conocemos tambien esencialmente, si no en todos sus pormenores, la máquina á impulso de la cual tiene lugar la locomocion, y con solo ella podriamos en rigor dar una idea de la manera con que se recorre una línea férrea, y los diferentes peligros que pueden presentarse, pues muchas veces una locomotora sola hace el viaje de un punto á otro; pero no seria completo el trabajo; conviene tambien saber cómo se constituye un tren, qué partes lo componen y cómo se dirige; porque hay riesgos que provienen exclusivamente de una de estas circunstancias, y no de las que tienen relacion con la via ó con la locomotora.

La parte principal de un tren la constituye siempre la locomotora, sin la cual no es posible que marche el resto, á menos que el ferro-carril no se halle servido por una máquina

fija, por un plano automotor, ó que se trate de un camino de hierro atmosférico; pero estos son casos especiales, á los cuales consagrarémos mas tarde algunas líneas; por ahora examinarémos el caso general.

Además de la locomotora y su ténder, cuando no forman ambos un solo cuerpo, un tren, ó sea la reunion de vehículos que han de recorrer juntos cierta parte de la línea, puede constar de furgones, carruajes ó diligencias de diferentes clases, wagones para mercancías y material, jaulas y trucks.

No seria de gran interés detenernos á explicar la forma de cada una de estas clases de carruajes, que por otra parte varia mucho aun en una misma línea; solo dirémos que los furgones se destinan á llevar los equipajes de los viajeros; los carruajes para estos se dividen generalmente en tres clases, que se diferencian en su mayor ó menor comodidad y anchura. Los wagones para mercancías difieren mucho entre sí, segun los objetos que hayan que trasportar; no puede ser, por ejemplo, igual el wagon que se destine á llevar pólvora ú otra sustancia inflamable, y el que se emplea para otras mercancías que no se alteran con la lluvia, ni pueden quemarse con los carboncillos encendidos que salen por la chimenea de la locomotora. Los wagones para materiales varian tambien, segun sean estos, hierro, madera, piedra ó arena. Las jaulas, como lo indica su nombre, son unas cajas enverjadas para trasportar ganados, frutas y objetos que necesitan gran ventilacion. Los trucks, por último, son unas simples plataformas, sobre las cuales pueden colocarse coches, diligencias, carros y demás carruajes que recorren los caminos ordinarios, y que se cargan sobre el tren en unas estaciones para bajar en otras y seguir su camino.

A pesar de la variedad que hay en el material móvil de un camino de hierro, todo él tiene ciertas partes, cuya disposicion debe ser análoga; partes que son las que necesitamos examinar, y por las cuales difieren esencialmente los carruajes de un camino de hierro de los que recorren los caminos

ordinarios; todas ellas se hallan en el cuerpo inferior del carruaje, que se llama *tren* y sostiene ó recibe la *caja*.

La experiencia ha demostrado que para dar estabilidad á los carruajes de un camino de hierro, y para disminuir el peligro de un descarrilamiento, es menester que tengan cuatro ruedas cuando menos; que las ruedas gemelas se hallen invariablemente fijas al eje; que este sea el que dé vueltas en las cajas de grasa, y por último, que los ejes permanezcan siempre paralelos entre sí en los carruajes de cuatro ruedas.

M. Arnoux, en el camino de hierro de Paris á Sceaux, tiene planteado un sistema, en que esta última circunstancia deja de observarse, y la oblicuidad que toman los ejes permite al tren recorrer curvas de muy pequeño rádio; pero segun parece, los ensayos hechos en líneas de grande extension no han sido tan satisfactorios como debia esperarse, y la mayoría de los ingenieros constructores lo condenan como poco ventajoso. Otro tanto sucede con la idea de hacer independiente el movimiento de las dos ruedas gemelas, ya fijando cada una en su eje, como se practica en el camino de hierro de Cromford á Peakforest, en el Derbyshire, ya dividiendo el eje en dos ó introduciendo uno dentro de otro hueco, como se ha propuesto. En cuanto al sistema del marqués de Jouffroy, que entre otras modificaciones importantes proponia la de emplear carruajes de dos ruedas, no ha merecido siquiera los honores del ensayo en una línea de camino de hierro, á pesar de haber sido propuesto hace muchos años. ¿Habrá en esto una preocupacion semejante á la que destruyó Blacket, demostrando prácticamente la adherencia de las ruedas? Muchos temen que sí; y despues de aquel ejemplo, seria imperdonable que dentro de algun tiempo se reconocieran las ventajas del sistema Jouffroy, porque si aquella ceguedad ocasionó un retardo de diez años en la adopcion del sistema de caminos de hierro, la obstinacion en no someter á una prueba decisiva el proyecto á que aludimos, habria ocasionado inútilmente gastos fabulosos de tiempo y de dinero; pudiera decir-

se, sin temor de exagerar, que hoy dia, sin mas que los gastos hechos, podria tener la Europa un número doble de líneas férreas; tal es la influencia que tiene en los trazados la nece-

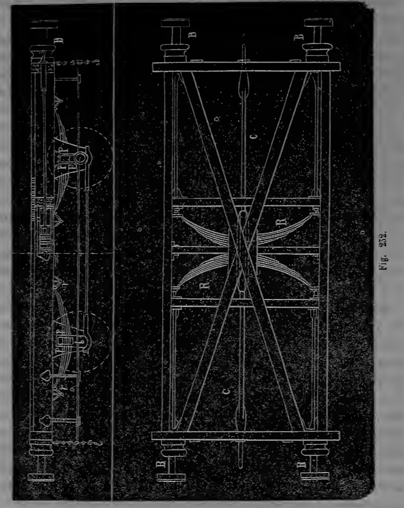


Fig. 232.

sidad de evitar las grandes pendientes y las curvas de pequeño rádio.

Pero nos hemos separado de nuestro objeto, y semejantes

reflexiones podrian hacernos prolongar demasiado este capítulo. Volvamos á la descripcion de las partes de un tren que es indispensable conocer.

Hemos dicho que la *caja* de un carruaje, cuya forma varia segun el uso á que se destine, descansa sobre el *tren*, ó sea el cuerpo inferior en que se hallan las ruedas. El *tren* se compone de un cuadro ó bastidor de madera (figura 232), casi igual en todos los carruajes de un mismo camino de hierro, qué descansa en los extremos de unos *muelles de suspension r r*. En el centro de estos, y unidas á ellos por medio de pernios, están las *cajas de grasa b*, mantenidas por una chapa de hierro *p p*, llamada *guia*, que la permite resbalar de arriba abajo, pero que la obliga á seguir el movimiento de traslacion del carruaje. Las cajas de grasa se apoyan en la mangueta *E* de los ejes, y los obliga á seguir el movimiento del bastidor; se ve pues que todo el peso del carruaje descansa en los citados extremos de los ejes, por medio de los muelles y las cajas de grasa; aunque algunas veces en los wagones de material se suprimen los muelles, y la caja de grasa se fija directamente al bastidor.

Hay en los bastidores otras dos piezas muy esenciales: los *resortes ó ballestas de choque y de traccion R R*, semejantes á los muelles de suspension; pero colocados en un plano paralelo al piso del carruaje, como lo indica la figura. En el centro de estos resortes están sujetas las *varillas* de traccion *C C*, que por medio de un aparatito, llamado *manija*, que vamos á describir, sirve para unir los carruajes unos á continuacion de otros. Los dos extremos de los resortes de traccion apoyan en otras *varillas*, que van á parar á los *topes* ó *parabotes B B*, que como lo indica su nombre, sirven para amortiguar el efecto del choque entre dos carruajes que se aproximan con demasiada violencia.

Los topes ó parabotes se han hecho tambien con résortes de espiral, sobre los cuales apoya la cabeza de la varilla, y se han propuesto tubos pneumáticos, en que la elasticidad del

aire hacia el efecto de un resorte, pero de algun tiempo á esta parte han empezado á usarse con éxito, pues se van adoptando en muchas líneas de caminos de hierro los *topes* de goma elástica vulcanizada, representados en la figura 233, cuya idea y disposicion se debe al ingeniero D. Cárlos de Bergue, que ha construido el camino de hierro de Barcelona á Molins. Estos topes se componen de un cilindro de palastro hueco *C*, en el cual penetra otro provisto de un vástago cilíndrico *t*, con una rosca en la punta, que sirve para apretar mas ó menos unas contra otras las rodajas de goma elástica vulcanizada *r r*, contenidas dentro del cilindro hueco *C*, y separadas entre sí por las rodajas de hierro *r′ r′*.

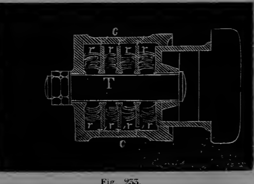


Fig. 233.

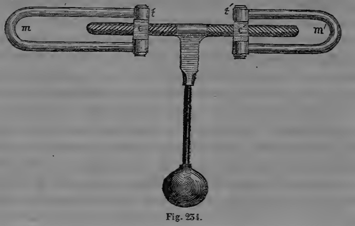


Fig. 234.

El mismo sistema se aplica á los resortes ó muelles de traccion, que como hemos indicado, se hallan al extremo de las *varillas* que sirven para unir entre sí los carruajes. Esta

operacion se hacia antiguamente por medio de una simple cadena, cuyos eslabones se enganchaban en un garfio fijo al bastidor de cada carruaje; pero ahora se emplean manijas como la de la figura 234. Se componen de dos especies de eslabones m y m', que tienen unas tuercas $c\ c'$, en las cuales entra un vástago con tornillo $t\ t'$.

Se comprende con solo examinar las figuras 232, 233 y 234, que representan un wagon, un tope y una manija, de qué manera se forman los trenes, enganchando unos carruajes á continuacion de otros; solo dirémos que el tornillo de las manijas se aprieta hasta que los topes ejerzan uno contra otro una presion considerable, formando, por decirlo así, con todo el tren un solo cuerpo, casi rígido, que no se halla expuesto á sacudimientos ni choques, y se opone al movimiento de oscilacion lateral que hace cabecear el tren; movimiento que los franceses designan con el nombre de *mouvement de lacet,* y que tan peligroso es marchando á gran velocidad en las curvas.

La locomotora debe ir siempre á la cabeza del tren, con la chimenea hácia adelante, tanto porque la accion motriz se ejerce mejor tirando que empujando, y hay menos peligro de descarrilar, como porque el maquinista en ese caso va naturalmente mirando hácia adelante, y sin desatender la máquina, puede observar constantemente el estado de la via.

El ténder, como hemos dicho, va invariablemente unido á la locomotora cuando los depósitos de combustible y de agua no se hallan en la misma locomotora; por consiguiente es inútil decir que la sigue inmediatamente; tras el ténder se engancha un furgon de equipajes, donde suele ir un empleado, cuyo cargo principal es vigilar el estado de la via, y maniobrar un freno igual ó semejante al que lleva el ténder y del cual hemos dado ya una idea. Despues se enganchan uno tras de otro los vehículos que han de componer el tren, y se acostumbra poner en el centro los carruajes de primera clase, porque es el sitio menos expuesto á sufrir los efectos de un

encuentro. En fin, el último carruaje del tren, ya sea un furgon, ya un coche de viajeros, ó ya simplemente un truck, debe estar provisto, como el primer furgon inmediato al ténder, de un freno y de una garita elevada sobre el techo de los demás carruajes, desde donde el guarda-frenos pueda examinar la via y maniobrar el aparato que tiene á su cargo. Cuando el tren se compone de muchos carruajes suele haber intercalados otros frenos, cuyo número depende de su mayor ó menor energía, de las pendientes que tenga el camino, del estado de la atmósfera, etc., etc.

No hubiera sido tal vez fuera del caso, para dar una idea completa de un camino de hierro, tomar por ejemplo un tren desde el momento en que se prepara á salir de una estacion principal y seguir su marcha en toda la línea, ya para explicar lo que en ella puede encontrar, ya para dar á conocer lo que en cada caso están obligados á hacer los empleados que van con el tren, y los que lo esperan en la via; ya en fin para indicar las precauciones con que atienden á su seguridad los funcionarios de cada estacion por donde pasa. Pero no lo harémos, porque por una parte son infinitos los casos que pueden presentarse, y algunos de ellos, los mas importantes, que pueden ser ocasion de un accidente, los darémos á conocer en el siguiente capítulo; por otra, son tan diferentes los reglamentos de cada línea, tan distinto el servicio, tan variadas, segun las circunstancias, las precauciones que es necesario tomar, que no podriamos, sin ser difusos, hacer una enumeracion completa. Baste pues decir en pocas palabras que en el momento en que el jefe de estacion ve que todo se halla dispuesto y que es la hora señalada, hace la señal de marcha; el maquinista da vuelta al regulador del vapor, este pasa de la caldera á los cilindros, y los pistones por medio de las bielas ponen en movimientos las ruedas motoras, cuya adherencia impide que rueden en el mismo sitio, y las obliga á avanzar arrastrando consigo la locomotora, el ténder y todos los carruajes que se hallan enganchados unos á con-

tinuacion de otros, y cuyas ruedas se ponen tambien en movimiento.

El maquinista, cuidando siempre de que la locomotora esté en las condiciones en que debe encontrarse, es decir, que se produzca la cantidad suficiente de vapor, que pase la necesaria, y nada mas, á los cilindros, que no le falte agua á la caldera ni combustible al hogar, examina como hemos dicho el estado de la via, y mientras no encuentra obstáculo en ella, sigue su marcha sin acelerarla mas de lo que se haya señalado como límite, y procurando á la vez no retardarse. Conoce que no hay obstáculo en la via, por la señal que presentan los guardas al paso del tren, por las que se hallan fijas en ciertos puntos de la línea, y porque él mismo descubre una parte de ella cuando la noche ó la niebla no se lo impiden. En este caso, y siempre que crea que un guarda no está en su puesto, cuando vea que hay trabajadores ó gente en la via, cuando se aproxime á las estaciones, pasos de nivel y otros puntos peligrosos, porque no pueden inspeccionarse, como los túneles, desmontes en curva, etc., etc., debe hacer sonar el silbato de alarma, que avisa á grandes distancias la aproximacion del tren.

Si las señales que percibe no son las de *via libre*, sino de *precaucion*, debe retardar la marcha, y avanzar como se lo indiquen las señales. Si estas son de peligro, debe cerrar el regulador del vapor y tocar el silbato de alarma de la manera convenida para que los guarda-frenos pongan en accion sus aparatos. En fin, si el peligro es inminente, ya porque el obstáculo no se haya presentado á la vista sino en los últimos momentos, ya porque sea otro tren marchando contra el suyo, el maquinista debe cerrar el regulador, invertir la palanca y volver á abrir el regulador lo antes posible, con el fin de hacer marchar el tren hácia atrás. Esto, que se llama dar *contra-vapor*, solo se hace en último caso, porque puede, aunque no siempre, ser causa de un accidente en la máquina, cuando se camina á gran velocidad y se cambia repentinamente.

Aunque en otro capítulo explicarémos cuanto tiene relacion con las señales y medios empleados en los caminos de hierro para precaver los accidentes, dirémos ahora dos palabras sobre las *señales fijas* que se colocan en aquellos puntos de la via en que puede existir con mas frecuencia que en otros algun obstáculo que haga peligrosa la circulacion; puntos que como hemos indicado, son generalmente las inmediaciones de una estacion, barrera, bifurcacion, túnel ó desmonte en curva.

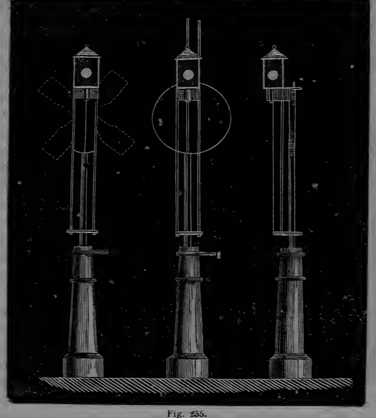


Fig. 255.

Las señales fijas se componen generalmente de mástiles mas ó menos elevados, en cuya parte superior hay un disco

pintado de rojo, que puede girar al rededor de un eje vertical, y presentar así á los trenes que recorren la vía, ya la superficie roja que ordena hacer *alto*, ya el canto que indica que la via se halla *libre*. Además de los discos, suelen tener los mástiles un sistema de aletas ó reglas, que colocadas en cruz, advierten al maquinista que debe disminuir la velocidad y marchar con precaucion; mientras que cuando están superpuestas una á otra, permiten la circulacion con la velocidad máxima. Este sistema de aletas ha reemplazado los discos pintados de verde y de blanco que se solian fijar en tierra en los puntos en que se queria recomendar precaucion.

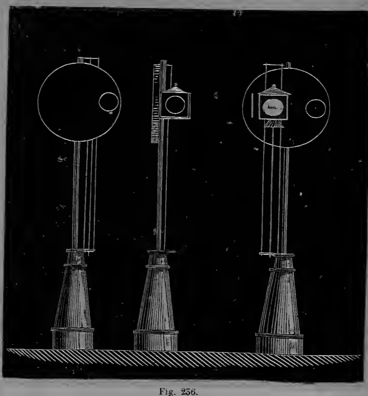
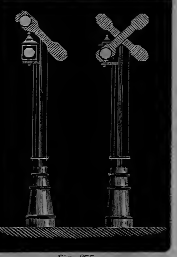


Fig. 236.

Los discos se reemplazan de noche con un farol que produzca la luz roja; las aletas en cruz, con una luz verde, y la

luz blanca indica que el tren puede pasar con toda seguridad. El farol se fijaba antes en la parte superior del disco y daba vueltas con él (figura 235); pero se observó que el movimiento solia apagarlo, porque el aceite subia y ahogaba la mecha; para evitar este inconveniente, permanece ahora fijo, y en lugar de tener dos vidrios blancos y dos rojos, que se presentaban al maquinista y á la estacion segun la posicion del disco, tiene todos los vidrios blancos, y se coloca de manera que cuando el disco está paralelo á la via, es decir, cuando esta se halla libre, el maquinista ve los vidrios blancos del farol (figura 236); pero cuando el disco toma la posicion perpendicular, viene á interponerse entre el farol y el maquinista, cubre el vidrio blanco con otro rojo, que lleva en una abertura circular colocada al nivel del farol. Lo mismo sucede con una de las aletas que indican precaucion; al ponerse en cruz, tapa el farol con un vidrio azul (figura 237).

Estas señales deben colocarse siempre á una distancia del punto peligroso, que sea suficiente para detener el tren antes de llegar á él, y varia por consiguiente, segun sea mas ó menos fácil parar el tren. Con velocidades que no pasen de 50 á 60 kilómetros por hora, bastan 500 ó 600 metros; pero con las máquinas de Crampton, en que la velocidad llega á ser de 75 y 80 kilómetros, los discos deben colocarse á 800 metros de la estacion ó punto peligroso.


Fig. 237.

La maniobra de las señales fijas se hace desde la estacion misma ó desde la caseta de un guarda, y por lo tanto, á una distancia considerable; no ofreceria, sin embargo, dificultad ninguna sin las contracciones y dilataciones que experimenta

el alambre que pone en comunicacion el mecanismo del disco con la palanca de maniobra, que es enteramente igual á la que hemos descrito para las agujas. El alambre, entre la señal y la palanca, está sostenido por unas roldanas fijas á unos postecillos de 10 á 50 centímetros de altura.

Cuando la via está en curva entre la señal y la estacion, de modo que el jefe no puede ver si aquella se ha efectuado, se colocan discos repetidores entre los dos puntos; pero hasta ahora no se ha encontrado un medio eficaz de obtener esa seguridad de noche, cuando la luz del mástil no puede percibirse.

Los guardas de la via hacen tambien señales á los trenes, por lo general semejantes á las señales fijas, y así no solo hay menos confusion, sino que los casos son enteramente iguales, solo que el peligro, en vez de estar en un punto determinado, se halla en cualquiera otro de los que por lo comun no le presentan. Así es que una bandera roja desplegada por el guarda obliga al maquinista á hacer *alto*, la bandera blanca y verde recomienda *precaucion*, la bandera recogida en su estuche y presentada con el brazo tendido en direccion de la via, ó simplemente el brazo tendido, indica que la via se halla libre. De noche, los mismos colores que en las señales fijas sirven para dar las mismas órdenes; y además, ya sea de dia ya de noche, toda señal agitada de arriba abajo, con bandera ó con farol, sea el que quiera su color, ordena imperiosamente que se haga *alto*.

M. Vignières ha combinado el mecanismo de los discos y el de las agujas en los cambios de via, de manera que existe una dependencia absoluta entre unos y otros, y es mecánicamente imposible hacer la maniobra que permite la entrada de un tren en una via, mientras no se han hecho las que han de ponerlo á cubierto de un percance. Este sistema, recomendado por la Sociedad de Fomento de Francia (*Societé d'Encouragement*) se halla extensamente descrito en el número de mayo de 1856 de la publicacion que lleva el nom-

bre de dicha sociedad; nosotros no harémos mas que dar una idea de él.

Consiste en ligar entre sí los mecanismos de las agujas y de los discos por medio de unos cerrojos que impiden ejecutar las maniobras aisladamente, y que se van descorriendo en el órden sucesivo en que debe hacerse, por la accion misma de la maniobra que precede.

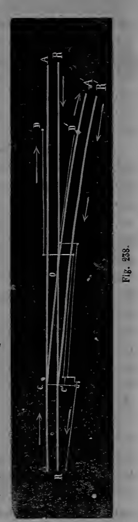


Fig. 238.

Sean *A A* y *R R* (figura 238) las vias de una línea doble, es decir, de ida y vuelta, y *A A′ R R′* las de una bifurcacion, que se junta con la primera por medio de las agujas *C C′* y un cruzamiento en *O*. *D* y *D′* son dos discos situados á unos 500 metros próximamente de los puntos *O* y *C′*, que deben proteger. En el caso ordinario la via directa se halla libre, es decir, que la aguja *C* está abierta para los trenes que siguen por *A A*, y el disco *D* está tambien indicando *via libre* para que los trenes de vuelta recorran sin obstáculo la via *R R*. En esta posicion, la aguja *C* está sujeta por un cerrojo dependiente de la palanca con que se maneja el disco *D*, de suerte que mientras *D* indique *via libre* y puedan por consiguiente pasar los trenes de vuelta de *R R*, no hay que temer ningun encuentro con los trenes de la línea directa. Además, en el citado caso, á que hemos llamado ordinario, el disco *D′* marca la señal de alto, y lo mantiene en esa posicion un cerrojo dependiente del mecanismo del disco *D*, que no permite al suyo descorrerse aisladamente, y con eso los trenes de vuelta de

la línea directa *R R* no pueden chocar tampoco con los de la bifurcacion *R R'*; porque no marcará *via libre* el disco *D'* hasta que el *D* se haya puesto en la posicion de *alto*.

Cuando en la bifurcacion se presenta un tren de *A* á *A'*, como la aguja *C* está mantenida por el cerrojo del disco *D*, hay que empezar por hacer girar este disco, lo cual protege al tren á su paso por el punto *O*. Despues de verificado este, se restablecen las cosas al estado en que se hallaban antes, operando de una manera inversa, es decir, abriendo otra vez las agujas *C*, y poniendo el disco *D* en la señal de *via libre*.

Podrian citarse una multitud de casos en que sucederia lo mismo: que al presentarse un tren, ó encontraria la via cerrada por el disco y las agujas correspondientes, y no se le podria abrir hasta que se hubiesen cerrado las otras vias por medio de señales de *alto*; ó que la via estuviese libre, lo cual no podria suceder sin tener cerradas las que condujeran al mismo punto en una bifurcacion. El que haya permanecido algun tiempo en observacion en las bifurcaciones de algunas líneas férreas de Inglaterra, y aun en las de Auteuil, Argenteuil y demás de Francia, donde se ha establecido el sistema de Vignières, comprenderá su utilidad, ó mejor dicho, su necesidad, mientras no se adopte un buen sistema de señales, que haga lo que ésta combinacion: evitar los efectos del aturdimiento ó ignorancia de los que manejan las agujas y los discos.

En otro lugar nos harémos cargo de otros sistemas de señales, ya automáticas, ya eléctricas, ya electro-automáticas, que están en uso ó que se han propuesto para la seguridad de los caminos de hierro; la extension que nos vemos en la necesidad de dar á esa materia, no nos permitiria tratarlo en este capítulo, demasiado largo ya. Por la misma razon aplazamos el dar la descripcion de los sistemas telegráficos usados en los caminos de hierro para facilitar el servicio; unos y otros se describirán en el capítulo XI.

SISTEMAS NUEVOS DE CAMINOS DE HIERRO.

Creemos necesario dar, como complemento de este capítulo, una ligera idea de los sistemas de caminos de hierro que se han propuesto, pues si bien ninguno de los ensayados hasta ahora en grande escala, parece poder luchar con el que se usa generalmente y hemos dado á conocer, hay algunas líneas en que se han adoptado, y no es fácil prever lo que los adelantos de la ciencia aconsejarán en lo venidero.

Sistema de Laignel.—Este sistema tiene por objeto disminuir la resistencia en el paso de las curvas, y consiste en sustituir el carril exterior ordinario por un carril plano con un reborde, de manera que el de las ruedas de las máquinas y carruajes sea el que ruede sobre él; mientras que en el carril interior aquellas se apoyan sobre la llanta. Todas las curvas en este sistema deben tener un rádio constante de 50 metros, y por consiguiente en los trazados de grandes curvas, estas se hallan reemplazadas por rectas, reunidas entre sí con arcos de círculo del rádio indicado.

Con el sistema de Laignel queda compensada la diferencia de longitud de los dos carriles de la curva, por la diferencia de diámetro en ambas ruedas gemelas, porque la una rueda sobre la pestaña; el efecto es el mismo que se produce cuando se quiere hacer rodar un sombrero de copa; es decir, que el carruaje describe naturalmente la curva, sin frotar contra la parte vertical del carril exterior.

A pesar de esta ventaja, el sistema de Laignel no se ha empleado sino en caminos en que la velocidad es muy pequeña, como en los establecimientos mineros de Anzin, y jamás con locomotoras, por causas que no es de nuestra incumbencia examinar, que pueden resumirse en estas tres, emitidas por Perdonnet, y de cuya validez no salimos garantes: 1.ª Aunque disminuye el trabajo necesario para verificar

ciertos cambios de direccion, deja subsistir una resistencia, que llega á ser excesiva en cada unidad de distancia recorrida en curvas, cuyo rádio no pasa de 50 metros. 2.ª El reborde y la llanta de las ruedas se gastan con desigualdad, pues el primero rueda solo en ciertos momentos y la segunda en casi toda la extension de la línea; y por lo mismo la relacion del diámetro de las ruedas con su reborde cambia y es distinta de lo que exige el rádio de las curvas. 3.ª En la entrada y salida de las curvas, tres de las ruedas de cada carruaje apoyan sobre la llanta, y una sola sobre el reborde; por consiguiente debe haber una rueda que para seguir á la del mismo lado, dando el mismo número de vueltas que su gemela, debe resbalar sobre sí misma, produciendo una resistencia notable.

Sistema de Arnoux. — Este sistema, aplicado hace mas de diez años en el camino de hierro de Paris á Sceaux, y continuado posteriormente hasta Orsay, conserva el material fijo lo mismo que en el sistema ordinario; pero permite recorrer á los trenes con toda seguridad curvas de rádio muy pequeño, como lo acredita el no haber ocurrido un solo descarrilamiento desde que se ha establecido.

El medio adoptado por M. Arnoux para conseguir este efecto ha sido articular los ejes de los carruajes, de modo que puedan perder el paralelismo en las curvas y tomar la direccion del rádio. Las ruedas giran libremente en la mangueta del eje; este se halla atravesado por una clavija maestra, que lo deja girar horizontalmente, y sirve para unir entre sí los dos de cada carruaje por medio de una vara ó timon, que recibe el nombre de *flecha* á consecuencia de su forma. Los carruajes están unidos unos á otros por unas varillas *rígidas*, sujetas con las mismas clavijas que atraviesan el eje trasero del uno y el delantero del otro.

Debajo del eje delantero del primer carruaje, y sujeto á él por medio de bridas, que la mantienen en un paralelis o ri-

guroso, hay una traviesa, terminada en cada extremidad por una horquilla, cuyas ramas bajan hasta el nivel de los carriles, y están provistas de cuatro roldanas ó ruedas pequeñas, que apenas tocan las barras-carriles, pero que se adaptan á ellas lo suficiente para dar á la traviesa, y por consiguiente al eje, una posicion normal á la directriz del camino.

Para hacer que los demás ejes del tren vayan tomando la direccion conveniente, M. Arnoux, hijo, ha adoptado la disposicion siguiente : cada eje tiene dos cilindros huecos ó virolas, una á cada lado de la clavija maestra, dentro de las cuales puede moverse libremente. En estas virolas se aseguran por uno de sus extremos cuatro bielas, fijando los segundos extremos de dos de ellas en la flecha ó timon que une los ejes del mismo carruaje, y los segundos extremos á la varilla rígida que une dos carruajes entre sí, de modo que las cuatro bielas forman un rombo. Si la flecha y la varilla están en línea recta, los ejes estarán todos paralelos y serán perpendiculares á esta línea; pero si las dos piezas citadas forman un ángulo cualquiera, lo cual sucederá cuando los carruajes estén en una curva, el eje dividirá el ángulo en dos partes iguales, y tomará una direccion normal á la curva recorrida.

Segun parece, se han hecho ensayos para aplicar este sistema á las grandes líneas de caminos de hierro; pero los resultados no han sido muy satisfactorios, aunque á decir verdad, el único inconveniente observado ha sido que los carruajes tienen un movimiento menos suave, pues los demás que menciona Perdonnet, si bien mas graves, no dice que se hayan presentado, sino que pueden presentarse. Un ingeniero que parece bien informado de lo que pasa en la conservacion del camino de Paris á Sceaux, asegura que el material fijo se destruye considerablemente por la accion de las ruedas ó roldanas oblícuas; que no solo las barras se gastan y hay que renovarlas mas á menudo, sino que se violentan hácia afuera, y necesita recorrerse con mas frecuencia

el ancho de la via. Esto, si es exacto, y el no poderse examinar el estado de las piezas sino metiéndose debajo de los carruajes, serian en realidad los principales inconvenientes de este sistema.

Sistema de Verpilleux. — Es mucho mas sencillo que el de Arnoux; pero no puede tener aplicacion, segun la opinion de los ingenieros, sino en casos muy especiales, como en el camino de hierro de Saint-Etienne á Lyon, donde se ha establecido. Este camino tiene una multitud de curvas de corto rádio, con pendientes muy fuertes, y las barras-carriles son además tan débiles, que no pueden soportar la enorme presion de una locomotora capaz de subirlas.

M. Verpilleux resolvió el problema, convirtiendo el ténder en una verdadera locomotora, es decir, colocando debajo de él un mecanismo completo de cilindros, émbolos, bielas, etc., que ponian en movimiento directamente las ruedas de un eje, acopladas á su vez con las del otro. El vapor necesario pasa de la caldera de la locomotora á los cilindros del ténder; pero como aquella no puede ser de grandes dimensiones, la produccion de flúido motor es poco considerable y no permite marchar sino con velocidades muy limitadas. Algunos otros inconvenientes, que no nos detendrémos á enumerar, han hecho condenar la invencion de M. Verpilleux.

Sistema de Dumoulin, Serveille y otros. — El terrible accidente ocurrido en el camino de hierro de Paris á Versalles el 8 de mayo de 1842 dió orígen á una multitud de sistemas de caminos de hierro, algunos de los cuales resucitaban los antiguos ensayos, anteriores á los experimentos de Blackett. Los Sres. Dumoulin, padre é hijo, proponiendo establecer un foso á lo largo de la via, dentro del cual debia correr un aparato que llamaban *diente de hierro ó brazos de áncora*, y que debia, en efecto, engancharse en las paredes

del foso, en caso de descarrilamiento; M. Serveille y otros, aconsejando la adopcion de ruedas anchas y cónicas sin rebordes, no fueron mas felices que los imitadores de antiguos sistemas. Inútil es, por lo tanto, que nos detengamos en darlos á conocer.

Sistema de Seguier. — No es mas racional que los últimos que acabamos de citar el medio propuesto por M. Seguier; pero un autor muy respetable lo menciona como análogo al de Jouffroy, en lo cual creemos hace injusticia notoria á este último. Por esta razon, y en breves palabras, dirémos en qué consiste el sistema de Seguier, para que pueda compararse con el de Jouffroy, que describirémos tambien ligeramente.

El principio en que se funda el sistema, segun su autor, es el siguiente:

«Hacer que la causa del movimiento de las locomotoras sea la compresion de las ruedas contra los carriles por medio de resortes, y no la simple adherencia por solo el peso de las máquinas.

»La via ha de quedar tal como está hoy, añadiendo solo un tercer carril de hierro ó de madera entre los dos existentes, y las locomotoras, casi iguales á las usadas en la actualidad, varian solo en la posicion de las ruedas motoras, las cuales quisiéramos (continúa diciendo el autor) que colocadas horizontalmente, obrasen una contra otra por la presion de resortes poderosos, y funcionasen como los cilindros de un laminador, cogiendo entre ambas el carril del centro, sólidamente fijo á la tierra. La adherencia de las ruedas, comprimidas por los resortes, determinaria la progresion de la máquina y de todo el tren.»

Sistema de Jouffroy. — Imposible nos seria, sin separarnos de nuestro objeto, entrar en las consideraciones que acompañan la exposicion de este sistema en una memoria (1) en

(1) *Memoire à consulter sur les chemins de fer en général, et le système Jouffroy en particulier.* — Paris, 1844.

que lo da á conocer su autor extensamente ; nos contentarémos con dar una ligera idèa de él, suficiente, sin embargo, para hacer ver las ventajas que habria proporcionado su adopcion, si como creen algunos, el servicio no fuese ni menos practicable ni mas costoso.

Las modificaciones que propone el marqués de Jouffroy para la via son : en primer lugar ensancharla, sin aumentar por eso la extension del terreno ocupado; pues la disposicion que da á las ruedas permite que la caja del camino no exceda de $2^{m},20$ á $2^{m},40$, aunque la distancia entre los dos carriles sea de dos metros.

La via debe tener tres carriles : el del centro, estriado trasversalmente, constituye lo que el autor llama línea de fatiga, y por los de los costados, semejantes á los comunes, pero mas ligeros, correrian las ruedas de los carruajes y las que en la locomotora sirven solo para sostenerla.

La principal modificacion propuesta para la locomotora consiste en no emplear mas que una rueda motriz de gran diámetro, con la llanta compuesta de trozos de madera colocados de modo, que la fibra esté en la direccion de los rádios. Esta rueda debe marchar sobre el carril estriado del centro de la via, y se comprende que es lo mismo para la adherencia que se quiere producir, hacer la rueda con la llanta de hierro estriada y el carril central, compuesto de prismas de madera, mantenidos verticalmente entre dos largueros.

El eje de la rueda motriz soporta un marco ó armadura, en que se hallan los cilindros y demás piezas del mecanismo. A este bastidor se halla unido otro que contiene la caldera, y al segundo un tercero, que sirve de ténder, cada uno de ellos con un solo par de ruedas, y reunidos entre sí por fuertes visagras, que permiten un juego horizontal; de modo que el eje de cada bastidor puede formar un ángulo con el de los otros. De esta manera la locomotora se halla sobre cinco ruedas, de las cuales la mayor recibe la impulsion del vapor, y arrastra el tren por la adherencia de su llanta con las estrías

de la barra central; las otras giran libremente sobre sus ejes, y ruedan sobre las barras-carriles laterales.

Los cilindros comunican el movimiento de los émbolos, por medio de bielas y muñequillas, á un árbol horizontal, situado en la parte delantera de la máquina, en el cual hay fijas varias ruedas de trasmision, de diámetros diferentes, y que comunican por lo tanto distintas velocidades á la rueda, segun la voluntad del conductor que lleva á mano el medio de hacerlo.

No son menos importantes las modificaciones introducidas en los carruajes ó wagones.

La caja baja hasta unos cuantos centímetros del nivel de los carriles. Los ejes de las ruedas, el centro de gravedad del wagon y los puntos de traccion quedan en el mismo plano horizontal, y se aprovecha por consiguiente el máximum de fuerza al mismo tiempo que se aumenta la estabilidad.

Cada wagon se compone de dos mitades, con un par de ruedas cada una, reunidas por dos articulaciones, que pueden tener un movimiento horizontal, como indicamos al hablar de la locomotora, y que, como en aquella, se prestan á correr curvas de un rádio muy pequeño, puesto que no hay paralelismo forzado entre los ejes. Las ruedas pueden girar libremente al rededor de los mismos.

Tal es el sistema propuesto por el marqués de Jouffroy, ensayado en un modelo de $^1/_5$ de tamaño natural, pero que no ha obtenido nunca los honores de un ensayo en grande escala.

Las objeciones presentadas no dejan de ser graves; pero no se han hecho sino por induccion, y la práctica, aun confirmando la mayor parte de ellas, podria dar á los que se niegan á probar con hechos la desventaja del sistema, un mentís como el del ingeniero Blackett, ya citado en otro lugar. Perdonnet, al condenar la idea, no anda muy justo en nuestra opinion, ó mejor dicho, no son muy sólidos todos sus argumentos.

Los carriles planos, que recuerda tuvieron que abandonar-

se; la disposicion del aparato motor, que dice no puede ser muy poderoso, teniendo que reducir las dimensiones de la caldera para que no pese demasiado sobre lo via, hallándose, como supone se halla apoyada en un solo eje; la ineficacia del tercer carril estriado, que no producirá, segun su opinion, la adherencia apetecida; la manera de trasmitir el movimiento, en fin, son los puntos que critica en el sistema. Para que nada haya que merezca su elogio, añade que si bien la articulacion de los carruajes y la disposicion de las ruedas hacen desaparecer una parte de la resistencia que experimentan los trenes en las curvas, subsiste aun la que proviene de la fuerza centrífuga. El golpe de gracia, el que á nuestro modo de ver revela, cuando menos, alguna ligereza de parte del autor del *Tratado de caminos de hierro*, es la identidad que supone entre el sistema Jouffroy y el de Seguier, calificando á este de mas sencillo.

No es nuestro ánimo defender á todo trance el sistema de Jouffroy; ya hemos dicho que aunque quisiéramos, no podriamos entrar en consideraciones sobre él en este libro; pero protestarémos, siempre que veamos oportunidad para hacerlo, contra la ligereza con que suele echarse por tierra una idea cuando es enteramente nueva, y solo porque presenta algunos defectos. ¡Cuánto mejor seria aprovechar lo que hay en ella de bueno desde luego, confesando su orígen, y no condenarla abiertamente, para adoptarla despues á pedazos y casi subrepticiamente, como se ha hecho con la del poco afortunado Laignel.

Sistema atmosférico.—Todos los sistemas que acabamos de examinar han conservado el mismo motor, y casi la misma disposicion de via que en los caminos de hierro ordinarios; pasarémos ahora á dar una ligera idea de otros sistemas, en que la fuerza motriz se ejerce de diferente manera, y en que entra, por decirlo así, un nuevo agente, la presion atmosférica.

El principio de la locomocion por los caminos de hierro atmosféricos es mas antiguo de lo que se cree, pues ya en 1810 lo propuso el ingeniero dinamarqués Medhurst para el trasporte de mercancías, y de la correspondencia sobre todo; Valence, el mismo Medhurst, Pinkus y otros trataron de aplicarlo al trasporte de viajeros, pero inútilmente, hasta que los ingenieros Clegg y Samuda le dieron la forma que hoy puede observarse en una parte del camino de Paris á Saint Germain. Su idea fué ensayada por primera vez, con poco éxito, el año 1838 en Chaillot, cerca de Paris, y con mas fortuna despues en Inglaterra, estableciéndose una línea de esta especie de Kingston á Dalkey, cuya primera seccion se abrió al público el 19 de agosto de 1843.

M. Mallet, ingeniero de caminos francés, encargado de examinar el sistema atmosférico de Clegg y Samuda, expone el principio fundamental, y describe las partes esenciales en el siguiente trozo, que extractamos de su informe:

«Se sabe que la presion de la atmósfera en una superficie dada es la misma que ejerceria una columna de agua de 10 metros y 40 centímetros, ó de $0^{m},75$ si fuera de mercurio. Esta propiedad es la que han utilizado los autores del sistema atmosférico. Supóngase un tubo de cierta longitud, de 100 metros por ejemplo, colocado en el suelo y cerrado por uno de sus extremos; en el otro se introduce un émbolo, que lo cierra herméticamente, pero que puede moverse á lo largo de él, frotando suavemente contra la superficie interior. Cerca de la extremidad opuesta á aquella por la cual se introduce el piston hay otro tubo que comunica con él y con una máquina pneumática. Si por medio de esta se absorbe el aire contenido en los tubos, el émbolo se pondrá en movimiento, y marchará con una velocidad tanto mayor, cuanto mas deprisa se haga la aspiracion del aire; y puede hacerse muy considerable, si se detiene el piston durante algun tiempo, mientras la máquina sigue obrando. En la hipótesis de que se produjera un vacío perfecto, la superficie interior del piston no experi-

mentaria presion ninguna, y la exterior, por el contrario, se hallaria cargada con todo el peso de la atmósfera, es decir, con 1,033 kilógramo por centímetro cuadrado, ó 15 libras por pulgada cuadrada (medida inglesa); por consiguiente, si el piston tuviera 100 pulgadas cuadradas, lo empujaria en el tubo una fuerza de 1500 libras, es decir, que podria arrastrar un peso considerable, porque esta fuerza equivale á unos 15 caballos.

»Para aplicar este principio á los caminos de hierro, es preciso poder obrar en toda su longitud, y este es el problema que han resuelto los ingenieros Clegg y Samuda. Practican una hendidura á lo largo de todo el tubo (que se halla colocado entre las dos barras-carriles que forman la via), y hacen pasar por ella un vástago, que ata ó reune el émbolo con el tren, y este por consiguiente sigue el movimiento de aquel. Si el tubo permaneciese hendido, la máquina pneumática no produciria el vacío en él, y para que esto suceda, los inventores cierran la hendidura con una válvula longitudinal de cuero, con armaduras de hierro para resistir á la presion atmosférica; y el piston, que tiene unos 6 metros de longitud, la va levantando para que pase el vástago; pero de modo que donde se halla la cabeza del émbolo queda todavía ajustada, de suerte que el vacío sigue existiendo por delante. La parte de válvula levantada deja penetrar el aire detrás del émbolo para que ejerza su presion sobre este; y cuando el vástago ha pasado, la válvula se cierra, y una rueda pesada, que forma parte del tren y que corre sobre ella, la va ajustando al tubo, y cerrando los intersticios con una composicion de sebo y de cera derretida.»

Tal es en efecto el sistema atmosférico, llamado inglés, que se estableció y abandonó en Irlanda, y que sigue aplicado á un trozo del camino de hierro de Paris á Saint Germain por las circunstancias especiales que concurren en él. En la obra de Perdonnet, tantas veces citada en este capítulo, pueden verse las opiniones emitidas en pro y en contra de los cami-

nos de hierro atmosféricos, por Flachat, Roberto Stephenson y los ingenieros belgas Maus y Belpaire; su extension nos impide hacernos cargo de ellas; las resumirémos, pues, todas en la siguiente conclusion: Los caminos de hierro atmosféricos son inaplicables á las grandes líneas, y no convienen en las pendientes suaves; pero pueden aplicarse á las que pasan de 3 centímetros por metro, en algunos casos en que el servicio por medio de locomotoras fuese demasiado caro.

Sistema atmosférico francés.—Los autores franceses llaman sistema atmosférico inglés al de Clegg y Samuda, que acabamos de examinar, y *sistema francés* á las simples modificaciones que han propuesto algunos de sus ingenieros, y al conjunto de sistemas mas ó menos semejantes que han presentado otros; pero tan poco fundamento habria para aplicar el nombre de sistema á los trabajos de M. Hallette y M. Hediard, que no han hecho mas que variar la disposicion de la válvula en el sistema de Clegg, como el de reunir bajo el nombre genérico de *sistema francés* las invenciones completamente diferentes de Andraud, Pecqueur y Chameroy; es verdad que el espíritu de nacionalidad queda así mas satisfecho.

Nada dirémos de los pretendidos sistemas de Hallette y Hediard, pues como hemos indicado, se reducen á modificar la válvula de Clegg y Samuda; en cuanto á los otros tres, les consagrarémos algunas líneas para darlos á conocer.

Sistema atmosférico de M. Andraud.—La idea de aplicar el aire comprimido como motor se ha puesto en práctica hace algun tiempo, pero en pequeña escala y sin obtener grandes resultados. M. Andraud ha sido el primero que llevado de la idea exagerada de que el aire es un agente que puede *trasformarse gratuitamente* en un motor aplicable á la industria, ha hecho ensayos en grande escala el año de 1839, con muy buen éxito, segun algunos que escribieron bajo la impresion de los experimentos; con muy poco, segun otros que lo han hecho posteriormente.

La máquina de Andraud, que puede correr por una via férrea ordinaria, es muy sencilla: consta de un depósito lleno de aire comprimido y de un mecanismo semejante al de las locomotoras de vapor, con sus cilindros, bielas, cigüeñas, etc. El aire comprimido, que obra sobre los émbolos de los cilindros, se renueva de cuando en cuando en depósitos colocados al lado de la via y que se alimentan económicamente, pero no *gratuitamente*, por motores muchas veces improductivos.

El primer ensayo del sistema de Andraud se hizo con aire frio, es decir, comprimido solamente; y el segundo con aire comprimido y dilatado; pero segun aparece de los cálculos que trae Perdonnet, para producir el mismo efecto que una locomotora que funciona con vapor de agua, seria preciso dar al depósito dimensiones extraordinarias ó reducir el aire á una presion de treinta atmósferas, lo cual exigiria un depósito sumamente resistente, y por lo tanto muy pesado.

Sistema de Pecqueur. —Reconociendo que en el sistema de Andraud seria imposible llevar el depósito de aire comprimido con el tren, M. Pecqueur ha imaginado tomar el aire de un tubo establecido á lo largo de la línea, por medio de tubos adicionales, con válvulas, en comunicacion con una especie de correderas huecas de grandes dimensiones, que llevan las locomotoras y que ponen en movimiento el mecanismo de estas.

M. Pecqueur ha propuesto tambien un sistema en que el tren marcha unido á un émbolo que corre dentro del tubo, que se mueve por la accion del aire comprimido é inyectado por máquinas fijas, en vez de ser por el aire enrarecido, como en el sistema de Clegg; la válvula, por consiguiente, debe abrirse de una manera inversa, pues el aire debe empujarla hácia afuera. Este sistema, cuya descripcion completa puede verse en la Coleccion de Armengaud, ha sido condenado por su complicacion, no sabemos si antes ó despues de haberse ensayado en grande escala.

Sistema de Chameroy. —En este sistema hay tambien un tubo á lo largo de todo el camino, que contiene el aire comprimido, pero se coloca en la entrevía de una línea doble, y puede servir para ambas vias. Es enteramente cerrado, sin válvula longitudinal; pero de distancia en distancia tiene unas ramificaciones ó tubos accesorios, llamados *émbolos fijos*, cónicos en los extremos, que vienen á parar al centro de la via; reciben el aire comprimido del tubo general, cuando se abre una válvula situada en la union de ambos, y lo trasmiten por uno de sus extremos, agujereados en forma de regadera.

Los trenes llevan consigo unos tubos llamados *remolcadores*, que comunican con los cilindros motores; tienen una válvula en cada extremo, que los cierra herméticamente, y además una hendidura longitudinal, cerrada por una correa como en el sistema de Clegg. Al pasar estos remolcadores por los émbolos fijos ó ramificaciones del tubo general, el émbolo entra en el tubo remolcador, abre al mismo tiempo la llave ó válvula situada en la union del tubo general con el accesorio, el aire comprimido se precipita en este, pasa por el extremo agujereado al tubo remolcador, ejerce su accion sobre los émbolos de los cilindros motores y empuja el tren, que con la fuerza adquirida corre hasta que el tubo remolcador encuentra otro émbolo fijo, y abre su llave de comunicacion con el tubo general; pero antes habia cerrado la del anterior, cuando todavía no habia salido el émbolo fijo del remolcador.

Convenimos, con Perdonnet, en que este sistema es menos practicable que los anteriores.

Sistema eólico de Andraud. —No es menos extraordinario este que los otros sistemas en que se emplea el aire comprimido como motor. Consiste principalmente en un madero colocado de canto entre la via; á un lado y otro de él hay unos tubos de tela cubierta de goma elástica, impermeables al aire, llamados *propulsores*, que comunican de trecho en trecho por medio de válvulas con un tubo general lleno de aire comprimi-

do; este lo inyectan unas bombas colocadas á una distancia, que depende de la fuerza motriz que las pone en movimiento y del consumo de aire comprimido.

Los trenes están provistos de un mecanismo compuesto de dos cilindros, que aprietan fuertemente los tubos propulsores contra el madero, cuando no tienen dentro aire comprimido, y que al dar vueltas sobre dos ejes, se ponen en movimiento como los cilindros de un laminador.

Este sistema funciona de la manera siguiente: se coloca el tren en la via, de modo que los cilindros comprimen los tubos propulsores vacíos. Se abre á mano la primera válvula que comunica el tubo general, lleno de aire comprimido, con la primera seccion de tubos propulsores; el aire se precipita en estos, y no puede llenarlos desde luego, porque se lo impiden los cilindros que van unidos al tren; pero como estos pueden rodar, los empuja hasta hacerlos salir de la primera seccion. Con la velocidad adquirida entran en la segunda, y al hacerlo así un tope convenientemente colocado, abre la válvula de comunicacion del tubo general con esta segunda seccion de tubos propulsores, el aire comprimido hace en ella el mismo efecto que en la primera, y así va pasando el tren de una seccion á otra.

Aunque mas sencillo en teoría, este sistema presenta todas las dificultades inherentes á los sistemas atmosféricos, y los que provienen del empleo de tubos hechos de una materia que no debe resistir mucho tiempo á la accion de los cilindros que los comprimen.

Sistema de Bagg.—No ha sido solo con el aire atmosférico con lo que ha tratado de sustituirse al vapor de agua; guiado por los ensayos de Brunell y por los trabajos de Faraday, Mr. Bagg construyó una máquina locomotora, en que utilizaba la fuerza expansiva del gas ácido carbónico, descomponiendo el carbonato de amoniaco por un ácido fijo, y condensando despues el ácido carbónico por medio del gas amoniaco

desprendido de la sal por medio del calor. No sabemos el resultado obtenido por Mr. Bagg en sus ensayos, y seria aventurado condenar su sistema solo porque ha caido en el olvido.

Ignoramos que se haya tratado de construir locomotoras aplicando los sistemas propuestos y ensayados en las máquinas fijas por Ericson con el aire caliente, por Du Tremblay con el éter, y por los que últimamente han querido sustituir á estos cuerpos el cloroformo.

Sistéma hidráulicò de Schuttleworth. El ingeniero inglés de este nombre se propuso utilizar el poder extraordinario de presion que tiene el agua, y para ello estableció á distancias iguales en la línea, unos grandes recipientes que llama *estaciones de primera potencia*, y cuyo nivel se eleva á unos 60 metros sobre el de los carriles. Entre estos, y á distancias que dependen de la cantidad de agua y naturaleza del país, coloca otros recipientes que llama *estaciones de segunda potencia*, alimentados por los primeros con tubos que parten del punto mas elevado, pero que se hallan situados al nivel de la via. Otros tubos conducen el agua de las estaciones de primera y segunda potencia á los tubos de propulsion, que es el nombre que da el inventor á los que sirven para empujar los trenes. Estos tubos se hallan colocados en el centro de cada via, á intervalos iguales; es decir, que despues de 60 metros de tubos de proplusion hay 140 de *tubos esqueletos*, nombre aplicado tambien por el autor á unos tubos en que no corre el agua, y que sirven solo para guiar un émbolo que va unido al tren, cuando sale de un tubo de propulsion y mientras llega á otros. La accion del agua sobre el émbolo en estos tubos es la misma que la del aire en el sistema atmosférico, y se necesita por consiguiente una válvula longitudinal que, como en este, cierre herméticamente, y permita al mismo tiempo el paso del vástago que une el émbolo con el tren. La velocidad adquirida por este en cada seccion de tubos

de propulsion le hace atravesar el intervalo de tubos esqueletos. Este sistema debió ensayarse en una línea de camino de hierro entre Dublin y Cork, pero no sabemos si llegó á verificarse la prueba.

Sistema hidráulico de Panet. Este sistema es al de Schuttleworth, que acabamos de describir, lo que el sistema de Pecqueur es al sistema atmosférico inglés. En efecto, el autor, que dice que en 1848 pensó por primera vez emplear el agua como motor en los ferro-carriles, expone así el principio del sistema: «Supóngase un tubo *A B C* (figura 239), cerrado por uno de sus extremos *C*, y encorvado en *B*, cuyo orificio *A* se halla en comunicacion con un manantial de agua, y se tendrá un *tubo recipiente* ó *alimentador*.

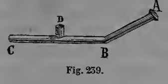


Fig. 239.

Practicando una abertura en *D*, el agua saldrá por ella con una presion proporcionada á la altura *A B* y seguirá la direccion que se le imprime si se fija en la abertura un tubo encorvado ó un cilindro. Introduciendo en este cilindro un émbolo armado de un vástago, con una pieza de hierro en cada extremo, una *corredera* ó *válvula* colocada en el orificio que hace comunicar el tubo alimentador con el cilindro, permitirá dar ó quitar el agua á voluntad, es decir, abrir ó cerrar la comunicacion. El wagon conductor abrirá estas correderas, obrando sobre una palanca adaptada al cilindro, y una vez abiertas, el agua se introducirá en el cilindro y ejercerá sobre el émbolo una presion, obligándolo á lanzarse en el sentido de la marcha del tren para chocar contra una pieza puesta en el wagon conductor, con objeto de recibir la impulsion.

Ya en 1832 Perdonnet habia propuesto que podria usarse el agua como motor en los caminos de hierro destinados al trasporte de mercancías, y mas tarde Roberto Stephenson

hacia igual proposicion para los planos automotores en las regiones montañosas de la Suiza.

Sistema electro-magnético de Amberger, Nickles y Cassal. Este sistema no tiene por objeto emplear el electro-magnetismo como motor, porque los trabajos hechos hasta el dia han sido infructuosos para obtener con economía electro-motores de una fuerza tan considerable como seria menester para aplicarlos á la locomocion en los caminos de hierro. Segun una nota leida en la Academia de Ciencias de Paris, el año de 1851, la produccion de fuerza electro-magnética costaba entonces 20 francos por caballo y por hora, mientras que la misma fuerza en una máquina de vapor ordinaria se calcula en unos 10 céntimos de franco. Aunque la produccion de la electricidad ha mejorado desde dicha época, está muy léjos todavía de ofrecer ventajas sobre los demás motores conocidos, como no sea para ciertas máquinas que exigen poca fuerza y una gran rapidez de movimiento, segun lo han hecho saber Jacobi, en 1854, y Becquerel, en su *Tratado de Electricidad* publicado en 1856.

En el capítulo VII hemos explicado ya el principio en que se funda la construccion de los electro-motores, y es inútil, por consiguiente, que nos detengamos otra vez en ello; baste repetir que todo estriba en imantar y desimantar alternativamente y en tiempo oportuno ciertas piezas de hierro dulce convenientemente colocadas en la máquina.

Uno de los que mas se ocuparon al principio en la cuestion de obtener una fuerza electro-motriz, fué el aleman Stöhrer, que en 1838 construyó uno de los primeros electro-motores, y lo citamos en este lugar, porque los periódicos alemanes de julio de 1842 anunciaron que el 22 de dicho mes se habia hecho un ensayo de la máquina de Stöhrer en el camino de hierro de Dresde á Leipzig, que era de fuerza de doce caballos y que los resultados no podian ser mas satisfactorios. En cuanto á los datos que daban los mismos periódicos acerca

del costo del aparato y de los gastos de conservacion y consumo, nos parecen exageradamente reducidos, pues el primero lo fijaban en 5,000 francos y los segundos en 3 fr. 60 cént. por dia.

Los trabajos que con el mismo objeto emprendieron otros físicos, entre ellos Wagner, Davemport, Sores y Jacobi, no han conducido sino al resultado que este último anunció á la Academia de Ciencias de Paris, y que hemos citado mas arriba; así es que M. Nickles, distinguido por sus trabajos sobre los imanes, y el constructor Amberger, han tomado otro rumbo para aplicar la electricidad á la locomocion en los caminos de hierro.

Estimulado por el concurso que decretó el gobierno de Austria cuando se trató de servir el camino de hierro del Soemmering, de que ya hemos hablado, concurso que tenia por objeto la construccion de locomotoras que tuviesen mas adherencia que las máquinas generalmente usadas, M. Amberger propuso el problema á M. Nickles, y este trató de resolverlo primero por medio de un electro-iman fijo á un carreton que rodaba por las barras-carriles, y obraba sobre estas á distancia (figura 240). Los ensayos en pequeño tuvieron un resultado bastante regular, pero la aplicacion en grande no resistia, como dice el autor de la idea, á las consideraciones mas elementales; la atraccion magnética decrece como el cuadrado de la distancia, y además la adherencia producida en estas condiciones no era sino una décima parte de la potencia desplegada por los imanes, á la distancia de cuatro milímetros; era preciso pues poder contar con elec-

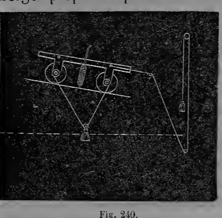
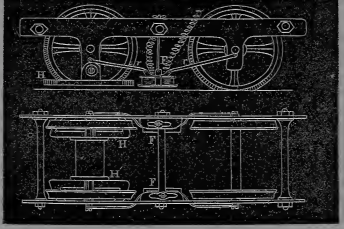


Fig. 240.

tro-imanes irrealizables aun con baterías muy poderosas.

No habia pues mas recurso, y Nickles lo adoptó, que el de tratar de obtener la imantacion del punto de contacto. El procedimiento consistia en imantar la parte inferior de las ruedas motoras por medio de una hélice fija *H* (figura 241 y 242), cuya cara interior abraza la llanta de la rueda sin tocarla; esta puede por consiguiente moverse en la hélice, sin experimentar rozamiento ninguno. Bajo la influencia de la accion magnética de la hélice, la rueda tomaba los dos flúidos, uno boreal por ejemplo, que comprendia toda la porcion que se hallaba sobre la hélice, el otro austral, que ocupaba la porcion inferior, y como la hélice se hallaba lo mas cerca posible del punto de contacto, esta porcion de llanta debia imantarse con mas fuerza que la superior, porque el flúido austral se hallaba concentrado en un pequeño espacio.



Figuras 241 y 242.

Las figuras 241 y 242 representan el carreton; *H* y *H'* son las hélices que sirven para imantar las ruedas motrices; se componen de unas cajas de laton, que contienen cada una 8 metros de alambre de cobre de $0^{m},0011$ de seccion, distribuido en setenta vueltas ó espiras, ó sean 16 metros y 154

espiras para ambos. *F* es un electro-iman que se mantiene en suspension por medio del resorte *r r*, y baja hasta el carril cuando se le introduce en el circúito, retardando la marcha del vehículo y aun deteniéndola, segun la potencia del iman, que en este caso obra como un verdadero freno.

Con ruedas de $1^{m},10$ de diámetro, con diez y seis elementos de Bunsen y una hélice formada con un alambre de cobre de poca seccion y de 250 metros de longitud, los inventores han producido una adherencia de 450 kilógramos sobre los 350 que tenian naturalmente las ruedas sobre los carriles secos. En tiempo de niebla bastan 100 kilógramos para vencer la adherencia de las ruedas y el rozamiento del aparato, correspondiéndole entonces á la adherencia magnética cincuenta kilógramos nada mas. Una capa gruesa de sebo en la rueda reduce la adherencia magnética á 280 kilógramos, en vez de los 450 que tiene sin ella.

El sistema de Amberger, Nickles y Cassal se ha experimentado en el camino de hierro de Lyon con poco éxito, porque las llantas de las ruedas en las locomotoras no son de hierro bastante dulce, y si bien se imantan perfectamente, tardan en desimantarse; de manera que cuando el tren está en marcha, los polos en vez de hallarse en el diámetro vertical, se encuentran en el horizontal.

¿Debe por esto desesperarse de que la electricidad tenga aplicacion en los caminos de hierro, ya como fuerza motriz, ya como auxiliar para aumentar la adherencia de las ruedas sobre los carriles? Estamos muy distantes de pensarlo así, porque los ensayos hechos, si bien no han sido completamente satisfactorios, prueban la posibilidad del hecho. Tal vez en época no muy lejana se vea realizada esta innovacion, tomando en cuenta la naturaleza de las dificultades y la rapidez con que se suceden las mejoras y las invenciones físicas y metalúrgicas.

Si la senda abierta por Daniell y por Grove para utilizar

el prodigioso aparato de Volta sigue tan frecuentada como hasta aquí, y se dan en ella pasos como el que recientemente ha hecho célebre el nombre de Doat; si Bonnelli y los demás que han trabajado ya para construir hélices electromagnéticas á bajo precio; si los metalurgistas no abandonan, como no es probable, la difícil pero importante tarea en que se ha distinguido el ingeniero Chenot, de producir el hierro y otros metales en estado de gran pureza, sin aumentar sensiblemente su costo, no perdemos la ezperanza de ver que la electricidad obtiene ese nuevo triunfo.

CAPITULO X.

DE LOS ACCIDENTES QUE PUEDEN OCURRIR EN LOS CAMINOS DE HIERRO.

Pocas cuestiones habrá que hayan excitado la atencion pública en tan alto grado como la de seguridad en los caminos de hierro; es verdad que habrá pocas tambien que sean de un interés tan general y que reclamen una solucion mas inmediata. Desde la persona de posicion mas elevada y la mas competente en la materia, hasta el último aldeano del pueblo mas atrasado de Europa, apenas podrá contarse un solo individuo que no haya declamado contra las causas de esos funestos accidentes que vienen, de tiempo en tiempo en unas partes, con demasiada frecuencia en otras, á llenar de pavor al que recorra en las páginas de un periódico los pormenores del suceso. Todo el mundo se cree autorizado para hacer inculpaciones, sin detenerse á examinar si las merecen ó no aquellos á quienes se dirigen. El vulgo condena sin apelacion á las empresas y á sus empleados, atribuyendo siempre las desgracias á la insaciable avaricia de las primeras ó á la ignorancia y negligencia de los últimos; estos y aquellas, en cambio, quieren hacer recaer sobre las exigencias del público y las imprudencias del viajero la mayor parte de la falta; los hombres extraños á la ciencia, y muchos de los iniciados en ella, acusan de estéril la imaginacion de los inventores; y estos, multiplicándose de dia en dia, señalan como causa del mal la indolencia y el amor propio de los que pudieran utilizar sus ideas; algunos, en fin, llegan hasta creer que el orígen del mal está en la esencia misma de esa clase

de locomocion, y no falta quien, inspirado por un ciego fatalismo, vea en ello el destino de la humanidad, que marcha á su disolucion (1).

Este capítulo tiene por objeto examinar los diferentes casos que pueden ocurrir en materia de accidentes, manifestar con datos positivos y exactos la verdadera causa de las desgracias, señalar á quién toca la responsabilidad, y fijar despues con números sacados de las estadísticas oficiales la parte que corresponde á cada uno. Así se verá que por absurdos que parezcan, por exagerados que sean todos los juicios emitidos sobre el asunto, no hay uno solo que no tenga en sí un fondo de verdad, si se exceptúan los dos últimos que hemos enumerado, y cuya falsedad empezarémos demostrando, si bien lo han hecho ya cuantos han escrito sobre esta materia, con el mejor de los argumentos que pueden aducirse: el de los números. Con ellos harémos ver tambien nosotros, porque no nos es posible considerar la cuestion de otra manera, que si el hombre arrancando sin cesar nuevos secretos á la naturaleza, traspasa los límites que le ha marcado el Criador, y renueva hoy el pecado de orgullo que cometió probando la fruta del árbol de la ciencia, no es seguramente en los caminos de hierro donde puede encontrar la señal de reprobacion ni la evidencia de su locura, como ha querido hacerlo ver un filósofo moderno.

No hay medio alguno de locomocion que no se halle expuesto á peligros mas ó menos graves y multiplicados, que le son propios. El pastor que de cerro en cerro, sin mas senda que la que la naturaleza y el instinto le han abierto, se traslada de un punto á otro (como debieron de hacerlo todos los hombres en los primeros tiempos), pierde no pocas veces el equilibrio, y suele encontrar la muerte en la caida. El que montado en un caballo marcha por una estrecha vereda al borde de un precipicio, ó recorre las desiertas llanuras de un páramo, está expuesto á los caprichos del animal, que des-

(1) *La fin du monde par la science*, Paris, 1856.

bocado, puede hacerle pedazos ó arrastrarlo á un fin seguro si falta á sus plantas un terreno firme en que apoyarse. El viajero que arrostra en una diligencia los azares de un camino, llega en mas de una ocasion maltratado y rendido, cuando las consecuencias del vuelco no sean aun mas fatales. Nada dirémos del que se pone á merced de las olas, ya sea en buque de vela, ya empujado por la accion poderosa del vapor: los riesgos que le rodean son demasiado patentes para que necesiten recordarse. En fin, la locomocion por los caminos de hierro tiene los suyos particulares, que examinarémos detenidamente. Pero si todo el mundo sabe que no hay medio alguno de viajar en que no se corra algun peligro; que esto es tan general, que la Iglesia, como lo recuerda oportunamente Lardner, consagra una de sus oraciones diarias á las personas que viajan por mar ó por tierra; no todos se han tomado el trabajo de compararlos entre sí, teniendo en cuenta las distancias recorridas, y no todos saben por consiguiente que con la mejora de los sistemas de trasporte, no solo se ha obtenido mayor comodidad y rapidez, sino que se ha aumentado la seguridad del viajero en una proporcion considerable.

Faltan por desgracia datos estadísticos con que demostrar numéricamente lo que la simple reflexion admitirá como innegable, y es que el número de casos fatales que ocurrian cuando se viajaba á pié y sin caminos, debió ser proporcionalmente superior, abrazándolos todos, con todas sus consecuencias, al que corresponderia á los tiempos en que ya el hombre, construyendo algunas vias de comunicacion, pudo servirse de una cabalgadura; é infinitamente mayor que el que en época mas reciente se debe al trasporte por carruajes en carreteras. Tampoco hay datos (es verdad que no se necesitan) que establezcan con exactitud los mayores grados de probabilidad que tienen de perecer los que se embarcan en buques de vela que los que navegan en vapores. Pero sí hay los suficientes para no dejar la menor duda acerca de la superioridad que tiene la locomocion por caminos de hierro so-

bre todas las demás que se conocen, con respecto á la seguridad personal.

El Dr. Lardner, en su *Railway Economy*, y en otros trabajos posteriores que ha publicado sobre caminos de hierro, dedica un gran número de páginas á destruir el temor exagerado que han infundido en el público algunos accidentes; para ello toma los datos oficiales publicados en el informe anual del Consejo de Comercio de Inglaterra, y deduce con una minuciosidad que no nos seria posible imitar sin extendernos demasiado, la proporcion entre las desgracias ocurridas y el número de viajeros que han recorrido en cada año una distancia dada. Suma para ello todas las distancias recorridas por todos los viajeros inscritos en los libros, y compara esta cantidad con el número de muertos y heridos que ha habido en el mismo tiempo. Supongamos, y es el ejemplo que pone, que segun los libros de una línea férrea, el tráfico total ha sido de 100.000,000 de millas, número que representa todas las distancias recorridas por todos los viajeros, lo cual equivaldria á decir que 1.000,000 de viajeros habian recorrido 100 millas cada uno. Suponiendo tambien que en el mismo intervalo ha habido 10 viajeros muertos y 100 heridos, se deducirá que de cada 1.000,000 de viajeros que recorren 100 millas mueren 10 y salen 100 heridos. El riesgo pues de perder la vida estaria en la proporcion de 1 á 100,000, y el de salir herido de 1 á 10,000, y por consiguiente, 100,000 contra 1 son las probabilidades que se tendrian de llegar vivo al término de un viaje de 100 millas, y 10,000 contra 1 las de llegar ileso.

Aplicando este cálculo á los datos de los informes ya citados del Consejo de Comercio, resulta que en los dos años de 1847 y 48 juntos, en que hubo:

Muertos.	413
Heridos.	393

y el tráfico total fué en los dos años de 1,830:184,617 millas, las probabilidades de llegar vivo al término de un viaje de 100

millas fueron de 44,314 contra 1, y de 22,706 contra 1 las de llegar ileso.

En los años de 1850 y 51 juntos hubo :

Muertos.	434
Heridos.	693

y el tráfico de pasajeros fué de 2,282.752,756 millas; por consiguiente, en esos dos años las probabilidades de llegar vivo aumentaron, pues que fueron de 52,598 contra 1, y las de llegar sano disminuyeron algun tanto, porque no llegaron sino á 20,255 contra 1.

En el número de muertos y heridos que se incluyen en los dos períodos citados, se hallan indistintamente los viajeros, los empleados del camino y los que sin ir en los trenes, han sido cogidos por estos al cruzar la via ó por cualquier otro motivo. Lardner, queriendo sin duda disminuir la prevencion desfavorable que pudieran inspirar estos números, á pesar de que nada hay en ellos que asuste si se compara á los que daria una estadística exacta de cualquier otro sistema de locomocion, ó por hacer mas exacto su trabajo, establece una diferencia entre las desgracias que recaen en los viajeros y las que corresponden á los empleados de las líneas, las que han acontecido por culpa del paciente y las que han sido independientes de su voluntad; y quedan así reducidas á un número extraordinariamente pequeño las probabilidades de accidentes para los viajeros. En efecto, segun los datos ya expuestos, el número de desgracias ocurridas en los años de 1847 y 1848, son para cada millon de personas que recorran 100 millas, las que expresa la siguiente tabla :

		Muertos.		Heridos.	
VIAJEROS.	Por culpa suya.	1,53	2,79	11,75	12,46
	Por causas independientes de su voluntad.	1,26		0,71	
EMPLEADOS	Por culpa suya.	1,64	14,32	3,11	7,75
	Por causas independientes de su voluntad.	12,68		4,64	
PERSONAS	cogidas fuera de los trenes. .	5,25		1,20	
	Total. . .	22,36		21,41	

De suerte que por cada millon de personas que recorrieron 100 millas, murieron de 22 á 23, y salieron heridos de 21 á 22; pero teniendo en cuenta solo los viajeros, no llega á 3 el número de los que mueren por cada millon, y son 12 los heridos.

Para el período de 1850 y 1851 resulta:

		Muertos.		Heridos.	
VIAJEROS.	Por culpa suya.	1,36	2,98	23,04	24,44
	Por causas independientes de su voluntad.	1,62		1,40	
EMPLEADOS	Por culpa suya.	5,65	10,73	3,02	4,86
	Por causas independientes de su voluntad.	5,08		1,84	
PERSONAS	cogidas fuera de los trenes. .	4,95		1,05	
	Total. . .	18,66		30,35	

Es decir, que en este segundo período el número total de muertos fué de 18 á 19, y el de heridos de unos 30; disminuyeron aquellos y aumentaron estos; pero refiriéndose solo á los viajeros viene á quedar en la misma proporcion el número de muertos, 3 en cada millon.

No insistirémos nosotros ahora en hacer la distincion entre los que sufren por culpa suya y los que son víctimas de la casualidad ó imprudencia ajena; porque todos los casos son debidos á esa especie de locomocion, y si hemos estampado las tablas que marcan esa diferencia, y separadamente la proporcion de las desgracias que ocurren á los empleados, es porque pueden deducirse de ellas dos consecuencias importantes: 1.ª que el número de accidentes se reduciria de una manera notable si los viajeros y los empleados observaran rigurosamente las reglas establecidas; 2.ª que los últimos, infinitamente mas expuestos que los primeros, deberian tener grande interés en la adopcion de medios que los librasen de ese peligro que los amenaza continuamente; pero mas adelante examinarémos con detencion ambas cuestiones.

Hubiéramos deseado hacer con el período de dos años

correspondientes á 1855 y 1856, el mismo trabajo que hemos presentado para el 47 y 48 y para el 50 y 51; pero los cómputos oficiales de dichos años, presentados al Parlamento y publicados por órden del Gobierno, no abrazan mas que el primer semestre, siendo de notar que desde 1853, en que se publicó el gran informe del Consejo de Comercio, clasificando las causas de los principales accidentes ocurridos en dicho año, no han vuelto á presentarse en el Parlamento los cómputos de los segundos semestres. No ha faltado quien atribuyera esta omision al deseo de ocultar el número de las desgracias, siempre mayor en la última mitad del año, por las espesas nieblas que reinan en los meses de otoño, y una circunstancia que observamos en el citado informe de 1853, parece confirmar esta idea, y es, que de treinta y nueve choques ocurridos en los semestres del año, quince solo corresponden al primero, y veinte y cuatro al segundo; sin embargo, los descarrilamientos son mas frecuentes en los primeros meses, y quedan así casi equilibrados las accidentes en uno y otro, pues de un total de setenta y seis, hay treinta y siete en el primero y treinta y nueve en el segundo. Es preciso buscar en otra parte la causa de dicha omision, y á la verdad que no nos la explicamos sino refiriéndola á la época en que se abren ó permanecen cerradas las Cámaras inglesas.

Otro dato falta en los cómputos oficiales para calcular la proporcion en que se hallan los accidentes, como lo ha hecho Lardner, y es el número de millas recorridas por todos los viajeros en Inglaterra; pues no basta que se sepa con exactitud el número de desgracias y aun la longitud de las líneas abiertas, porque pueden haber variado el movimiento de viajeros y la relacion entre su número y las distancias recorridas; sin embargo, como mas adelante podrémos reunir dichos datos, ó pueden tal vez procurárselos algunos de nuestros lectores (1), consignarémos los que traen los cóm-

(1) Tenemos presentes, pero no podemos admitir como exactos, los que ha presentado Sir R. Stephenson, en su discurso, al inaugurar el año 1856, en la so-

putos oficiales de 1854, 1855 y 1856, referentes al punto que nos ocupa.

RESUMEN *de las personas muertas y heridas en todos los ferro-carriles de Inglaterra, Escocia é Irlanda, durante el primer semestre de* 1854.

		Muertos.		Heridos.	
Viajeros.	Por culpa suya.	4	7	3	75
	Por causas independientes de su voluntad.	3		72	
Empleados del camino.	Por culpa suya.	36	55	20	39
	Por causas independientes de su voluntad.	19		19	
Personas	cogidas fuera de los trenes.	38		5	
	Total.	100		119	

El número de millas abiertas á la circulacion durante el año de 1854 era de 7813.

Si se observa que esta tabla comprende un período de tiempo igual á la cuarta parte de uno de los dos correspondientes á 1847 y 1848, 1850 y 1851, y si se compara el número de muertos en ellos, se verá que es casi el mismo; y como la circulacion debió aumentar considerablemente en 1854, resulta que la proporcion de desgracias ha disminuido mas bien que aumentado.

Otro tanto sucede con los dos primeros semestres de 1855 y 1856, cuyo resúmen insertarémos á continuacion.

RESUMEN *de las desgracias ocurridas en los ferro-carriles de Inglaterra durante el primer semestre de* 1855.

		Muertos.		Heridos.	
Viajeros.	Por culpa suya.	7	10	5	112
	Por causas independientes de su voluntad.	3		107	
Empleados del camino.	Por culpa suya.	45	63	16	37
	Por causas independientes de su voluntad.	18		21	
Personas	cogidas fuera de los trenes.. . . .	40		9	
	Total. . . .	113		158	

ciedad de ingenieros civiles, porque algunos no concuerdan con los oficiales que tenemos á la vista, y los restantes contradicen los muy exactos de Lardner.

La longitud de las líneas abiertas á la circulacion era en 1855 de 8118 millas.

RESUMEN *de las desgracias ocurridas en los ferro-carriles de Inglaterra durante el primer semestre de 1856.*

		Muertos.		Heridos.	
VIAJEROS.	Por culpa suya.	7	8	8	66
	Por causas independientes de su voluntad.	1		58	
EMPLEADOS DEL CAMINO.	Por culpa suya.	56	67	19	29
	Por causas independientes de su voluntad.	11		10	
PERSONAS	cogidas fuera de los trenes.	49		10	
SUICIDIOS.		2		»	
	Total.	126		105	

La longitud de las líneas abiertas á la circulacion en 1856 ha sido de 8461 millas.

Resulta pues que habiéndose aumentado la circulacion, ha permanecido estacionario el número de desgracias; de suerte que puede decirse que hoy dia en Inglaterra, por cada millon de viajeros que recorran 100 millas, hay de 18 á 24 muertos y de 20 á 30 heridos, de los cuales, con poca diferencia, corresponden á los viajeros de 2 á 3 muertos, y de 12 á 20 heridos y á los empleados de 10 á 15 muertos y de 5 á 8 heridos. Donde se nota una diferencia considerable, que va en aumento, es en el número de personas cogidas al atravesar la via ó por otra causa cualquiera, pero que se hallaban fuera de los trenes cuando las sorprendió la muerte; esto no puede atribuirse sino á la multiplicacion de los pasos de nivel que han hecho necesarios el aumento del tráfico en las inmediaciones de los caminos de hierro, y el haberse familiarizado demasiado las gentes con el paso de los trenes, pues la velocidad de estos se ha disminuido mucho en Inglaterra de algun tiempo á esta parte, como medida de seguridad.

El país de Europa en que mas accidentes ocurren en los caminos de hierro es sin duda ninguna la Inglaterra, ya sea porque el clima húmedo y nebuloso contribuye á hacer mas difícil la percepcion de las señales, ya porque el sistema

de estas y la observancia de los reglamentos no están tan bien organizados, ya porque el tráfico sea mayor que en otras partes, ya en fin por una reunion de todas estas circunstancias; pero esa es una cuestion en la cual no queremos entrar, aunque nuestro trabajo podia dar alguna luz para resolverla; lo que nos interesaba era sentar el hecho de que la Inglaterra es el país en que mas desgracias ocurren, y que por consiguiente en sus caminos es donde debemos estudiar los accidentes.

Felizmente el gobierno inglés es el que publica datos mas completos para un trabajo de esta especie; datos que los demás gobiernos debian apresurarse á dar al público, y que hubieran sido de la mayor utilidad, porque comparados los accidentes ocurridos en todos los países con la longitud de las líneas establecidas y el movimiento de viajeros; examinados los diferentes sistemas de servicio adoptados, junto con las causas que han dado orígen á los accidentes mas repetidos en cada punto, podria haberse llegado ya tal vez á hacer desaparecer todos los que provienen de una mala organizacion; se habria dado una publicidad continuada, á fin de contener la imprudencia de las víctimas, y solo quedarian por evitar los que provienen de causas verdaderamente imprevistas y los que deben atribuirse á falta de señales, ya sea porque no se haya visto el peligro, ya porque no se haya señalado á tiempo, ó ya en fin porque la señal no se haya percibido. Esta categoría de accidentes, la mas numerosa y que parece la mas difícil de evitar, podrá, sin embargo, sino desaparecer, quedar al menos reducida á casos muy raros con el sistema de señales eléctricas que proponemos. Pero no nos anticipemos sobre este asunto, que tiene ya su lugar marcado en nuestra obra.

Deciamos que la Inglaterra es el país en que mas desgracias ocurren en los caminos de hierro; y en efecto, aunque no tenemos, con respecto á Francia, Bélgica y Alemania datos oficiales cono los que nos han servido para los cálculos que

hemos presentado, basta para convencerse de ello haber seguido con atencion durante algun tiempo lo que han dicho los periódicos sobre accidentes ocurridos en los caminos de hierro.

Lardner dice, sin embargo, que en los caminos belgas la proporcion entre los viajeros muertos por causas independientes de su voluntad y el movimiento en los ferro-carriles es casi el mismo que en Inglaterra, puesto que llega á 1,25 por cada millon de personas que recorren 100 millas. En Francia confiesa que es mucho menor el número de desgracias, y cita el hecho notable de no haber ocurrido ninguna á los viajeros en los dos años de 1847 y 1848. Sin embargo, los datos estadísticos que estampa un ingeniero francés hacen subir el número de víctimas en los caminos de hierro de Francia, durante el período decenal de 1843 á 1853, á 1 por 325,000 viajeros, que viene á ser algo mas de 3 por cada millon; y en 1853, uno de los mas fatales, ha habido en una línea 18 por cada 2.889,322 viajeros; es decir, algo mas de 6 por cada millon; en cambio ha habido líneas en que no se ha deplorado una sola desgracia.

En contraposicion con esto, y como una prueba de lo que hemos dicho acerca del menor riesgo que se corre en los caminos de hierro, insertarémos el siguiente cómputo de las desgracias que han ocasionado los carruajes ordinarios solo en Paris y en sus alrededores.

En el año 1834,	4	muertos	y 134	heridos.
1835,	12	»	214	»
1836,	5	»	220	»
1837,	11	»	361	»
1838,	19	»	366	»
1839,	9	»	384	»
1840,	14	»	394	»
Total. .	74	»	2,073	»

Número que daria una proporcion infinitamente mayor que la que hemos obtenido para los caminos de hierro de Ingla-

terra, si se comparase con las distancias recorridas. No menos elocuentes son los datos que tomamos de una estadística, recientemente publicada, de los buques franceses perdidos en los cinco años últimos de 1852 á 1856 inclusives. Segun ella, han sido 2,195 los buques náufragos, entre ellos 101 de los cuales no ha vuelto á haber noticia; suponiendo diez personas, término medio, por cada uno, entre tripulacion y pasajeros, resultan mas de 1,000 muertos, á los cuales habria que añadir los que han debido perecer en algunos de los 2,094 naufragios restantes.

En una memoria presentada al congreso de los Estados-Unidos por el secretario del Tesoro el 12 de diciembre de 1838, resulta que en un período de veinte y dos años, de 1816 á 1838, el número de accidentes ocurridos en los caminos de hierro y en la navegacion por el vapor habian sido 24 en los primeros, que habian ocasionado 27 muertos y 90 heridos; en la navegacion el número de accidentes habia subido á 223, el número de muertos á 1,713 y el de heridos á 443. Es verdad que en la época en que se formaba esta estadística no habia mas que 350 locomotoras y los barcos de vapor subian á 800, y estos llevaban tres veces mas tiempo de servicio; pero aun así es grande la diferencia entre el riesgo de una y otra clase de locomocion.

Hemos dedicado algunas páginas á destruir la preocupacion que existe acerca de los peligros que se corren en los caminos de hierro, porque era nuestro deber hacerlo así, como hombres de conciencia, amantes de la verdad y del progreso de la industria; pero estamos convencidos de que el lector sensato no verá en esto una justificacion de la incalificable disculpa que con mas ó menos buena fe ha solido darse para no adoptar en las líneas férreas medidas de precaucion mas eficaces que las que actualmente se emplean. Varios periódicos han publicado ya el dicho de un personaje empleado en los caminos de hierro franceses, que vencido ya en las últimas trincheras con que se defendia de los ataques de un

inventor, le contestó: *Pero si no ocurren accidentes, ¿á qué tratar de prevenirlos?* Tal vez se creerá exagerada semejante salida, y á nosotros nos lo parecia, si nó en el fondo, porque desgraciadamente hemos oido réplicas con igual tendencia, al menos en la forma; pero no ha durado mucho nuestra incredulidad, porque hemos tenido ocasion de que se nos dirigiera otra no menos original, en el país de los accidentes y por una de las personas mas competentes en la materia. «Todo eso es muy bueno, contestó despues de haber oido nuestras explicaciones; pero ese sistema tiene un grandísimo inconveniente, y es el de ser inútil, porque no hay accidentes. —¡Cómo! le contestamos, ¿y el que ha ocurrido ayer en el camino de Chester? — Ese es uno. —¿Y el que sucedió hace cuatro dias en Escocia? —Bien, con ese son dos (1).» Al ver semejante sangre fria creimos inútil seguir adelante la argumentacion, y aunque no haga honor á nuestra perseverancia, casi nos ha hecho perder la esperanza de que las compañías de caminos de hierro se presten á establecer, ni el nuestro ni ningun otro sistema de seguridad que no pueda encerrarse en un artículo de sus reglamentos, y cuya idea no haya surgido en la mente de uno de sus empleados. Y no se diga que es exceso de precaucion, desconfianza de lo nuevo, ó temor de gastar inútilmente algunos centenares de reales, á pesar de que la humanidad y su interés les debia aconsejar semejante sacrificio; nó, la causa es otra, como lo prueba el ver que una compañía tiene adoptado un sistema de frenos superior á los comunes; sistema que todas debian conocer, y

(1) El primero de estos choques tuvo lugar el 10 de mayo de 1856, cerca de Penlaw, entre el tren correo y un tren especial, y causó la muerte de un hombre.

El 6 del mismo mes el tren correo se echó sobre unos wagones de balasto, cerca de la estacion de Gateshead, en la línea del North-Eastern, resultando algunos de los viajeros heridos.

Al dia siguiente de esta conversacion, el 12 de mayo, ocurrió en la misma línea de Chester otro choque entre dos trenes, uno de carbon y otro de viajeros; algunos de estos quedaron mal parados.

que sin embargo ninguna acepta. En cambio, otra establece un sistema de agujas y discos combinados, y eso basta para que lo rechacen las demás; esta tiene las rejillas de Dumeril en las locomotoras, aquella espejos para ver constantemente el tren; pero ninguna quiere reunir todas esas mejoras parciales, que constituirian al fin un todo que se iria aproximando á la perfeccion.

En una obra recientemente publicada, *Le travail universel*, uno de los ingenieros mas distinguidos de Francia, M. Gaudry, se propone defender á los ingenieros de los caminos de hierro del cargo que se les hace de rechazar cuanto se les presenta, por rutina, mala fe ó indiferencia; pero vemos en él, nó el hombre que juzga imparcialmente la cuestion, sino el abogado que defiende una causa, y apela á cuantos argumentos puedan hacerla triunfar, aunque tenga para ello que exagerar la inocencia de su defendido y los yerros de su contrario. Es cierto que el número de proyectistas insensatos es inmenso, que las ocupaciones de los ingenieros son grandes, y que por consiguiente no pueden estos examinar y juzgar todos los trabajos de aquellos; pero ¿sucede lo mismo con los ejemplos que hemos puesto de mejoras ya probadas? Nó; y como esos pudieran citarse otros muchos, para demostrar que si la prevencion y el desden con que se miran las innovaciones no son efecto de indiferencia ni de mala fe, hay algo en ello de rutina, pereza moral y amor propio; defectos, por otra parte, que son anejos á la naturaleza humana. Es rutinario, por lo regular, todo el que se dedica á un trabajo siempre igual, que se acostumbra á ver una cosa hecha de una manera, y no puede figurársela de otra sin que le ocurran inmediatamente mil objeciones, cuya resolucion exige una buena voluntad, que no siempre se encuentra; por eso dice el mismo Gaudry, que muchos proyectos presentados, aunque ingeniosos, no son completos; que se reducen algunas veces al principio de una idea, que aunque buena, está separada de la obra completa por un abismo, y que no le es

dado al hombre, ya demasiado atareado, á quien se somete, hacer lo que no ha sabido hacer el inventor. Esto lo que prueba, en primer lugar, es que no deben someterse semejantes proyectos, ni ninguna idea nueva, á hombres que tienen demasiado que hacer con sus ocupaciones ordinarias, y en eso estamos conformes; pero desde el momento en que un ingeniero oye una idea cualquiera sobre materias que conoce un poco, debe comprender si hay en ella algun pensamiento útil, y en vez de sofocarla con un desprecio absoluto, como suele hacerse, deberia señalarla á su autor, así como los defectos que encontrase; pero cerrarse en una negativa absoluta, contestar con objeciones semejantes á las de *no hay accidentes en los caminos de hierro*, ó *es inmejorable nuestro sistema de señales*; como se ha contestado al dia siguiente de una catástrofe, es mil veces peor que confesar francamente que no se quiere oir, y es pecar de rutinero. Natural es que el hombre recargado de trabajo tema que este se le aumente, sobre todo si no tiene la conciencia de que es útil lo que va á hacer, y no puede tenerla mientras no examine á fondo los proyectos que se le presentan para ensayar; pero de esto no deducimos sino la misma consecuencia que antes, y es, que no puede acudirse á un hombre recargado de trabajo para que se tome primero el de examinar una idea, y ayude despues á ponerla en práctica. Pero si las cosas hubiesen de seguir siempre así, y como dice M. Gaudry, los ingenieros prácticos no pudiesen distraerse de sus tareas para examinar y mejorar las ideas de los inventores, y estos á su vez, por ser hombres extraños al manejo de los caminos de hierro, no pudiesen aplicar inmediatamente sus ideas por falta de los conocimientos que solo tienen los empleados en las líneas férreas, resultaria un círculo vicioso, del cual no podria salirse y que jamás traspasaria una mejora útil. Felizmente se encuentran algunas veces prácticos que no conocen esa pereza moral ó la vencen, y ya inventando ellos mismos, ya prestándose á ayudar á los profanos, consiguen modificar algo

de esa industria, la mas anómala que puede encontrarse. Creada apenas hace treinta años, permanece raquítica por efecto de las preocupaciones que habia con respecto á ella; pero vencidas estas, toma un vuelo extraordinario, y se enseñorea del mundo bajo una forma, que segun dice M. Gaudry, *si no es buena, es pasadera y desde luego superior á cuantos sistemas se han propuesto despues.* Confesamos que no nos es fácil concebir esa superioridad en un todo, compuesto de elementos tan heterogéneos, que sin ser perfecto, ha llegado á un punto del cual no puede pasar, ó del cual no pasa al menos hace algunos años; cuando la telegrafía, la fotografía y otras mil aplicaciones de las ciencias las vemos mejorar de dia en dia, sin que se pueda prever dónde pararán. ¿Serán de peor condicion los caminos de hierro, ó deberia atribuirse la diferencia á que en aquellas es dado á todo el mundo ir acumulando piedra á piedra el material que ha de constituir el edificio, y en estos hay cierto número de operarios á quienes apenas es permitido obedecer ciegamente las reglas de los maestros? Sea lo que quiera, los resultados son los que se obtendrian si hubiera en ello algo de rutina, pereza y amor propio. Pero el espíritu de justicia, y á la par tal vez la circunstancia de haber propuesto un trabajo que tiene relacion con los caminos de hierro, aunque bien acogido desde luego, nos ha llevado un poco mas léjos de lo que hubiéramos querido al hacernos cargo de la manera con que en una obra, por todos estilos importante, se ha querido pintar el estado de la cuestion de seguridad en los caminos de hierro. La pintura no nos ha parecido exacta, el mal puede prolongarse si no se le aplica un remedio eficaz, y el primero es señalar las verdaderas causas que lo producen. Creemos que una de ellas es la opinion, ó mejor dicho, la preocupacion, por desgracia demasiado generalizada, de M. Gaudry, y lo hemos dicho sin rodeos, de la misma manera que hemos tratado de destruir la preocupacion del público con respecto á los peligros que presentan las vias férreas.

¿Cómo es, se dirá, que siendo la locomocion por los caminos de hierro mas segura que ninguna otra de las conocidas; cómo habiendo menor número de víctimas, la opinion pública la condena hasta el punto de creerla una invencion perjudicial, y de que se escriba en un periódico: *El que invente las diligencias dentro de cincuenta años hará su fortuna?* En nuestra opinion, hay varias causas para ello. La primera, y tal vez la principal, es la impresion que producen en el ánimo las circunstancias que acompañan á algunos de los accidentes en los caminos de hierro; impresion indefinible en los que la han experimentado á la vista del suceso, y no menos terrible cuando exagerada por las relaciones, llega á los oídos del público la noticia del suceso, como el anuncio de una calamidad; la imaginacion entonces, siempre dispuesta á lo maravilloso, sobrepuja á la realidad, y los mismos hechos, abultados por los colores que aquella le presta, aparecen en un cuadro desolador.

¿Quién no se ha estremecido al escuchar los pormenores de accidentes como el de Bellevue en 1842? Centenares de personas que iban en busca de goces y fiestas á un sitio de recreo, encontraron la muerte y todos los horrores que la pueden acompañar. Destrozadas las unas, quemadas las otras, y las que aun quedaban con vida revueltas con los cadáveres y las maderas inflamadas, veian, llenos de angustia, llegar el momento de perecer á su vez devorados por las llamas, sin tener medio de salir de los compartimentos en que una funesta precaucion los habia encerrado. Figúrese el lector una pira horrible formada por los carruajes del tren, los viajeros dentro, amontonados unos sobre otros, y todo encima de la locomotora; esta, vomitando torrentes de fuego y de vapor, alimentaba sin cesar el incendio, en que habian de consumirse tantas vidas, y hacia mas lúgubre la escena con su estridente silbido.

El vuelco de una diligencia en un camino es un hecho, que por mas que se repita, no puede menos de quedar aisla-

do, porque nunca lo presencian mas de 20 personas, tarda en difundirse la noticia, y cuando llega á oídos de un periodista que lo anuncia, ha perdido para muchos el interés de actualidad; cada uno calcula que si no habia mas que 20 personas, no es probable que entre ellas se encuentre alguna que le interese; además, apenas hay quien no haya volcado en su vida, y sepa que la mayor parte de las veces el vuelco es inofensivo; la imaginacion, por lo tanto, se ve detenida en su vuelo por lo que ya conoce, y la palabra *vuelco* no excita en ella sino el recuerdo de lo que ha presenciado.

Pero en un camino de hierro, donde hay trenes que contienen mas de 1,000 personas, donde los hilos del telégrafo se encargan de hacer saber cualquier acontecimiento á las pocas horas, en todos los rincones del mundo; donde el menor retraso despierta en el seno de 1,000 familias la idea de una catástrofe como la de Bellevue, no es extraño que el anuncio del mas insignificante descarriiamiento alarme á los menos tímidos, y la imaginacion, al representarse en este caso un accidente, no encuentra ya la diligencia arrastrada por pacíficos caballos, que se recuesta poco á poco contra la ladera del camino, ó que permanece inmóvil en tierra tan luego como cae; sino que ve dos trenes lanzados con la velocidad de las balas, que todo esfuerzo humano no parece poder detener, y que el menor obstáculo, una piedra como el puño, basta para lanzar en un abismo; y no solo recorre la série de desgracias que pueden ocurrir, sino que la memoria le recuerda una multitud de las que han ocurrido, y son naturalmente las mas terribles, las que mas impresion le han hecho.

Esa inquietud en que vive, por decirlo así, la generalidad, que no se halla en el caso de reflexionar como el hombre que toma la pluma y calcula con frialdad la proporcion en que se hallan los accidentes fatales en cada sistema de locomocion, debe traducirse por un descontento y una exigencia, que si bien se examina, no carece de fundamento, que es natural por el contrario. El hombre que se contenta con un pedazo de

pan y lo come alegremente, sin quejarse de que es duro, cuando lo recibe en la cabaña de un pobre, es delicado y rechaza los manjares mas exquisitos si al comerlos en la espléndida mesa de su casa encuentra que le falta un átomo de sal; de la misma manera en una invencion como la de los caminos de hierro, en que todo revela el genio del hombre y su poder de dominar á la naturaleza, no basta, como lo hemos dicho ya antes de ahora, que la proporcion entre víctimas y viajeros sea infinitamente menor de lo que ha sido, sino que es menester que disminuya, hasta que la *seguridad* esté en armonía con la perfeccion obtenida en la *rapidez* y *comodidad* de los viajes.

Tambien contribuye á la mayor publicidad que tienen los accidentes fatales en los caminos de hierro la circunstancia de haber creido necesario los gobiernos establecer una intervencion, que no permite ocultar lo que en las líneas férreas acontece, como sucede casi siempre en los demás medios de trasporte. Esta intervencion, que es hasta cierto punto necesaria, como en todo lo que tiene relacion con la salud pública, produciria muy buenos resultados si se hiciera como en nuestro concepto debiera hacerse, es decir, no poniendo obstáculos al sistema de servicio que quisiera establecer cada compañía, siempre que no atacara los derechos del comun; respetando sus determinaciones con respecto al número, hora y velocidad de los trenes, así como á sus precios; porque además de que nadie tiene mas interés en complacer á los viajeros que la misma compañía, y nadie puede saber mejor lo que conviene á la generalidad, pues sus libros y caja se lo dicen, hay que tener presente que una empresa de camino de hierro es como otra empresa comercial cualquiera, aunque con mas dificultades y mas responsabilidad para los que la manejan, y no deben por consiguiente aumentarse sus trabas con una tutela casi siempre molesta, á menudo perjudicial, y ejercida algunas veces por personas distinguidas, pero que desconocen el arte de administrar los caminos de

hierro, que nada tiene que ver con la ciencia que enseña á construirlos ó á conservarlos.

Pero si deseamos una libertad de accion absoluta para los directores de los caminos de hierro en cuanto tiene relacion con la manera de administrarlos y arreglar el servicio, querriamos tambien que se les exigiera una cuenta estrecha del menor abandono ó indiferencia en la renovacion del material inservible, en la adopcion de todo cuanto pudiera contribuir á la seguridad de los viajeros, y cuya excelencia se hubiera probado en otras líneas. Porque, en efecto, ¿qué importa que la hora establecida para los trenes sea esta ó la otra? Qué mal de consideracion resulta de que una empresa señale seis horas para recorrer una distancia que solo exija cinco? ¿Quién, sino ella, sufriria la consecuencia de esa falta, así como de fijar un precio demasiado elevado á los trasportes? No tardaria el público en hacerle conocer su error, si lo cometiera, y no es necesario decir que cada cual sabe manejar sus intereses mejor que puede hacerlo un extraño. Pero no sucede lo mismo con lo que el descuido, la ignorancia ó la avaricia pueda inducir á hacer á un hombre como á una compañía, y que no estando al alcance del público, no puede este corregir, imponiendo con su alejamiento un justo castigo á la falta. Algunas de las de esta categoría se rozan por desgracia con la seguridad individual, y en este punto, por lo tanto, deberia ejercerse el celo de los inspectores oficiales.

Las medidas adoptadas generalmente por los gobiernos para reprimir las faltas en la administracion de los caminos de hierro, particularmente las que ha dictado el parlamento inglés, creyendo aumentar con ellas la seguridad pública, son en nuestro concepto desacertadas, y ya antes que nosotros lo ha dicho uno de los hombres mas competentes, Sir R. Stephenson, en un discurso pronunciado en la sociedad de ingenieros civiles de Lóndres. « El Parlamento, dice, ha creido poder legislar en materia de accidentes en los caminos de hierre, cuando no se ha atrevido á hacerlo en los de otro género

de locomocion; creyendo prestar con ello al público una proteccion, que es á todas luces injusta y mal entendida, porque ni recae sobre quien debe, ni produce los efectos que se propone. Segun Lord Campbell, la familia de un personaje de alta categoría tiene derecho á una indemnizacion considerable, mientras que apenas hay nada para la del pobre jornalero. Este modo de valorar la vida del hombre en una ley tiene un resultado fatal inmediato, y es el de impedir que se bajen las tarifas; porque las compañías, obligadas á constituirse forzosamente en aseguradoras de la vida de las personas que viajan en sus líneas, podrian llegar á tener pérdidas considerables si el accidente recayera en cierta clase de personas.»

Es un absurdo, en efecto, creer que las compañías de caminos de hierro pueden mejorar el servicio á fuerza de multas, y que dejarian de hacerlas pagar de una manera ó de otra al viajero ó al comerciante que tiene que servirse de ellas; y si así no fuera, la empresa se empobreceria, sus beneficios y fondos de reserva quedarian absorbidos por la indemnizacion; pero no se obtendria mayor seguridad. Los accidentes no ocurren en los caminos de hierro, porque al conjunto de accionistas le convenga ó le sea indiferente que así suceda, nó; bien caro le cuestan los menos fatales al público. Los accidentes tienen lugar por circunstancias verdaderamente imprevistas, inevitables, y entonces no es justo imponer un castigo por la negligencia, ignorancia ó mala fe de alguno, y ese alguno exclusivamente es el que debe sufrir las consecuencias de su falta con todo el rigor de una ley severa.

Ritchie, Lardner, With, Couche y cuantos han escrito sobre accidentes en los caminos de hierro, reconocen que una de las principales causas que los producen es el descuido de algunos de los empleados, poco aptos ó poco solícitos en el cumplimiento de su deber, y deploran la necesidad en que se ven los directores de mantenerlos en sus puestos por la influencia de sus protectores. Si este mal se cortara de raíz; si el castigo alcanzara, no solo al empleado que inmediata-

mente ha cometido la falta, sino al jefe que lo hubiera conservado en su puesto sabiendo que era peligroso en él; si la ley no se detuviera hasta hallar el orígen del abuso, tal vez se llorarian menos víctimas, y el cargo de los que dirigen los caminos de hierro seria mas penoso al principio, pero menos difícil de llenar con acierto; y en ello podria auxiliarle poderosamente el inspector oficial, que menos expuesto á las consecuencias de una severidad indispensable, podria oponerse al influjo de los poderosos protectores de un mal empleado, aun cuando perteneciera á la compañía misma, y esto sin intervenir para nada en la administracion del camino, que como hemos dicho, debe ser sagrada; limitándose solo á comunicar sus observaciones sobre las faltas cometidas.

Tiempo es ya de que pasemos á clasificar los accidentes que pueden ocurrir en los caminos de hierro, para entrar despues en el exámen circunstanciado de cada una de las categorías en que los dividimos.

Flachat y Petiet, en la obra titulada *Guia del maquinista conductor de locomotoras*, dividen en cinco categorías los accidentes á que están expuestos los trenes de un camino de hierro.

Comprende la primera aquellos accidentes que ocasionan solo una disminucion momentánea en la velocidad de la marcha; no ofrecen, segun dichos ingenieros, peligro alguno, y señalan como causas de ellos las siguientes: la elevacion de temperatura en las cajas de grasa, vástagos de los pistones, cojinetes de biela, y en general de todas las partes del mecanismo que se untan de grasa y en que esta llega á faltar; la pérdida de agua por los tubos de la caldera ó por el regulador; el deterioro ó ruptura del freno en el ténder; el descomponerse la palanca para distribuir el vapor, y el aflojarse las cuñas de las ruedas.

En la segunda categoría entran los accidentes que obligan á suspender momentáneamente la marcha del tren, reduci-

dos, segun los mismos ingenieros, á la ruptura de las cadenas que se usaban, cuando escribian su obra, para unir entre sí los carruajes del tren, y este á la locomotora.

La tercera categoría comprende los accidentes que sin ruptura de piezas obligan al maquinista á suspender la marcha del tren hasta que viene á empujarlo otra máquina. Esta clase de accidentes, que son los mas frecuentes, provienen de la paralizacion en el juego de las bombas, por defecto en las válvulas, la rotura de los conductos del agua ó la introduccion en ellos de cuerpos extraños. Algunas veces ocurre que se cae uno de los pernos del collar ó corona con que se fijan las correderas á los excéntricos, y entonces puede continuarse la marcha con lentitud, tomando ciertas precauciones.

Los accidentes de la cuarta categoría son los que obligan á suspender enteramente la marcha del tren por la rotura de alguna pieza. Las mas expuestas á ello son las tapas de las estoperas de los émbolos, los émbolos mismos y los fondos ó tapas de los cilindros; las ballestas de suspension de la máquina suelen tambien romperse, aunque sucede con menos frecuencia. Un tubo de la caldera puede, al reventar, llenar de agua el hogar y apagar el fuego. Los pernos con que se engancha el ténder á la máquina se rompen algunas veces por efecto de un sacudimiento fuerte en las grandes velocidades; y en fin, puede acontecer la rotura de los ejes de los carruajes ó los de la misma locomotora, como en el fatal accidente, de que ya hemos hecho mencion, ocurrido el 8 de mayo de 1842 en Bellevue, en el camino que va de Paris á Versailles por la orilla izquierda del Sena.

En la quinta categoría reunen Flachat y Petiet todos los accidentes producidos por un concurso de circunstancias raras é imprevistas, dicen ellos, como el descarrilamiento en las agujas ó en los cruzamientos cuando el maquinista no pasa por ellos con bastante precaucion, el descarrilamiento de resultas del mal estado de la via, la rotura de las cadenas cuando la máquina va empujando por detrás en vez de tirar,

y el conductor detiene el tren haciendo obrar el freno con demasiada precipitacion; la pérdida de equilibrio de una máquina al entrar en una plataforma giratoria mal colocada, el choque de dos trenes en los cruzamientos de nivel ó en la misma via, el encuentro de un tren con hombres ó animales que por falta de cuidado hayan entrado en el camino, la caida de un tren en un canal atravesado por el ferro-carril sobre un puente levadizo no cerrado á tiempo por el guarda; ó en fin, el incendio de los carruajes, producido por las materias inflamadas que salen del hogar mismo de la locomotora en caso de choque ó descarrilamiento.

Como se ve, esta clasificacion, hecha con objeto de instruir á los maquinistas en su obligacion, se resiente por otra parte del poco estudio que se habia hecho todavia de las causas que producen los accidentes correspondientes á la quinta categoría. Hoy la mayor parte de los autores reunen en una sola las cuatro primeras, y subdividen en varias la última, como tendrémos ocasion de ver.

Roberto Ritchie, ingeniero inglés, y uno de los primeros que han tratado en sus obras con alguna extension el capítulo de accidentes en los caminos de hierro, los divide en dos grandes categorías: 1.ª accidentes que provienen de la mala direccion y de la negligencia de los empleados; 2.ª accidentes debidos á errores en la construccion del camino ó á defectos del material.

Comprende en la primera categoría los choques de dos trenes que marchan en direccion contraria; los que resultan de la diferencia de velocidad entre dos trenes que marchan en la misma; los accidentes que ocurren por exceso de velocidad; los que provienen del descuido en hacer las señales; y finalmente, por la falta de comunicacion de los viajeros con el maquinista y demás empleados del tren.

La segunda categoría abraza una multitud de casos: la falta de esmero en la construccion de las piezas que constituyen el mecanismo de la locomotora; los defectos de la caldera ó

la manera de alimentarla; las imperfecciones en las barras-carriles y en el trazado de las curvas, principales causas de los descarrilamientos, sobre todo si se reunen varias circunstancias, como la de un exceso de velocidad en una curva establecida al pié de una pendiente; la introduccion de ganado en la línea por efecto de los malos cerramientos; el mal estado de las obras de explanacion ó de tierra; el exceso de elasticidad en los carriles, es decir, su falta de resistencia; la poca altura y anchura que se da á los puentes ó pasaderas que cruzan la via por encima; la imperfeccion de los carruajes y los accidentes por el fuego, agravados por la forma y disposicion que se les da en Europa; en fin, la inseguridad de   s portezuelas, y la costumbre de que los empleados se sirv n de los estribos para pasar de un carruaje á otro.

Esta clasificacion, aunque preferible á la de Flachat y Petiet, está muy léjos de ser perfecta, porque se encuentran reunidos en la misma categoría casos que no hay razon ninguna para que subsistan juntos, pues ni son parecidos los accidentes á que dan lugar, ni el medio de evitarlos puede ser el mismo.

No examinarémos ahora los medios propuestos por Ritchie para hacer mas segura la locomocion en los caminos de hierro, porque debiendo hacerlo de una manera completa en otro lugar, tendrán allí cabida las ideas que en nuestro concepto merezcan la preferencia sobre las de otros autores.

El Dr. Lardner no ha hecho en su obra una verdadera clasificacion de los accidentes; sin embargo, deducimos de su lectura que admite la siguiente:

Primera categoría, accidentes que provienen de causas independientes de la voluntad de las víctimas; entre ellos, habla en primer lugar de los choques, que por el sistema de construccion y por la manera de servirse de las líneas férreas en Inglaterra, supone que no deben ocurrir sino entre trenes que marchan en la misma direccion con diferente velocidad; cita en segundo lugar los descarrilamientos, y da como causa

de ellos los obstáculos que se interponen en la via, las roturas de ejes y los defectos de las barras-carriles; presenta despues las equivocaciones en el paso de las agujas como causa de accidentes que pertenecen á esta categoría, y la completa con las explosiones de las calderas; terminando con el siguiente curioso cuadro, que indica la proporcion en que se hallan los accidentes de que acabamos de hablar, segun las causas que los producen.

Por cada 100 accidentes que ocurren en un camino de hierro inglés, hay:

56	debidos á choques de unos trenes con otros.
18	á la rotura de ejes ó ruedas.
14	á defectos en las barras-carriles.
5	por equivocacion en el paso de las agujas.
3	debidos á obstáculos interpuestos en la via.
3	por la introduccion de ganados en la via.
1	por explosion de la caldera.
100	

Segun verémos despues, no es admisible esta proporcion para los caminos de hierro franceses, sobre todo con respecto al segundo número, puesto que son muy raros los casos de rotura de los ejes ó de las ruedas.

La segunda categoría en que parece divide Lardner los accidentes, comprende aquellos que resultan de la imprudencia del viajero ó de la falta de cuidado que tan necesario es en esta especie de locomocion.

Tiene además una tercera categoría, que comprende las causas que agravan los efectos de un accidente ó que son capaces de producirlos cuando se quieren emplear como medios preventivos sin las precauciones necesarias; tales son: el uso de los frenos y la inversion del vapor en el último de los dos casos, y en el primero la falta de buenos enganches, de parachoques y de comunicacion entre los guarda-frenos y el maquinista.

M. Couche, ingeniero y profesor de la Escuela de Minas de

Paris, ha publicado un trabajo notable sobre los medios de evitar los choques en los caminos de hierro, y empieza por sentar que la seguridad en ellos ha marchado al par de las mejoras que se han hecho para aumentar la velocidad; discute y trata de disipar la prevencion desfavorable que puede haber sobre la locomocion por los caminos de hierro; expone las prendas de seguridad que ofrecen las compañías, y señala algunas medidas que podrian aumentarlas.

Su obra tiende principalmente á demostrar que los caminos de una sola via son tan seguros como los de dos cuando el tráfico se limita prudentemente, y al tratar con separacion del servicio en una y otra clase de caminos, enumera detenidamente la manera de hacerlo, y las probabilidades de choques en uno y otro caso; da como causa de la mayor parte de estos la escasez de personal, y demuestra las ventajas de emplear con frecuencia las comunicaciones telegráficas.

Couche divide en tres clases los riesgos de los caminos de hierro: 1.ª los que provienen de defectos en el material, que felizmente en Francia, dice, han dejado de ser orígen de catástrofes, por la perfeccion con que se trabaja en las fábricas, sobre todo el material móvil; 2.ª los descarrilamientos, y 3.ª los choques.

Esta última clase de accidentes, única que el título de la obra parece anunciar, no la abraza el autor de una manera completa, pues en la subdivision que hace de ella, solo se detiene en la primera de las causas á que atribuye los choques, que es la irregularidad en el servicio, debida á los atrasos y detenciones de los trenes, á los retrasos en las salidas, y á los trenes extraordinarios; materia que discute de una manera notable, pero, como verémos despues, no carece de objeciones el juicio que emite sobre ciertos puntos, y sobre los medios que propone para remediar los males de que adolece aun la locomocion por los caminos de hierro.

En cuanto á las otras causas que dan orígen á los choques, apenas hace mas que indicarlas, y son: 1.ª el error de un

guarda-agujas que puede hacer tomar á un tren diferente camino del que debia; 2.ª la insuficiencia, el mal estado ó la maniobra demasiado lenta de los medios de disminuir la velocidad ó de detener el tren, es decir, de los frenos; 3.ª la ruptura de un enganche en una pendiente y la imposibilidad de evitar el movimiento retrógado de la porcion separada; 4.ª la accion del viento, que lanza sobre una pendiente de la via los carruajes que se hallan estacionados en un punto.

Otra obra mucho mas completa, tal vez la mejor que se ha escrito sobre accidentes en los caminos de hierro, es la de M. Emile With, ingeniero francés, que ha merecido los honores de la traduccion inglesa, dos años despues de publicada en Francia, porque no ha habido ninguna posterior á ella en que se trate la cuestion de una manera mas general ni con mas tino; la índole de nuestro trabajo, sin embargo, ó mejor dicho, el medio que pensamos proponer para evitar la mayor parte de los accidentes, nos obliga á no admitir enteramente la clasificacion que hace de las causas que los producen, por mas que sea la mas racional de cuantas llevamos expuestas.

Cuatro son las categorías que considera M. Emile With, y comprenden:

1.° Los accidentes que se deben exclusivamente á la locomotora.
2.° Los que resultan del mal estado de la via y del material.
3.° Los que provienen de la inobservancia de los reglamentos en la marcha de los trenes.
4.° Los que ocasionan la imprudencia de los viajeros y empleados.

En la primera hace conocer detenidamente las causas que pueden producir la explosion de la caldera; pero no con la misma extension las demás averías que pueden ocurrir en ella, porque en efecto seria un trabajo interminable, y propio de una obra especial, como la de Flachat y Petiet; en esta categoría incluye M. With la negligencia de los maquinistas, que pudiera muy bien haber puesto en otra de las categorías de su clasificacion.

En la segunda, que es la que trata con mas detenimiento, dedica un capítulo ó párrafo á cada una de las causas que pueden producir un descarrilamiento, subdivididas todas en tres clases: 1.ª el estado irregular de las construcciones, que comprende los defectos cometidos al proyectar ó ejecutar las obras de explanacion y las llamadas de arte, como puentes, viaductos, túneles, etc.; 2.ª las faltas en el asiento de la via, ya de los carriles, ya de las traviesas ó largueros; la falsa posicion de los cambios de via, párrafo que á nuestro modo de ver no debia estar en esta categoría solamente, y que el autor no vuelve á tocar en su obra; y por último, el escaso número de guarda-líneas, que no pueden vigilar y mantener en perfecto estado de conservacion los trozos que les corresponden; este defecto es el caballo de batalla de M. With y de la mayor parte de los ingenieros; y su remedio, el único que creen aplicable á los caminos de hierro para disminuir las causas de accidentes. La 3.ª de las clases en que hemos dicho ha subdividido la segunda categoría, comprende las causas de la instabilidad de un tren; los defectos del material móvil, es decir, de los carruajes; los defectos de las barras-carriles, y sobre todo, los que ocasionan la ruptura de los ejes.

La tercera categoría es la que, en nuestro concepto, está tratada con menos maestría por M. With; es verdad que considera la cuestion de una manera muy diferente que nosotros. La inobservancia de los reglamentos y de las señales; la irregularidad en la marcha de los trenes, ya sea producida por la division inexacta del tiempo, por la falta de frenos ó las influencias atmosféricas, ya por la obstruccion de la via ó por causas accidentales; en fin, todas las que producen los choques, son en su concepto causas que no pueden subsistir, con las cuales no hay que contar para evitar los accidentes en los caminos de hierro; porque teóricamente no deben existir en el servicio; porque segun dice, son ocasionadas por faltas que pudieran prevenirse anteriormente, que no podrán evi-

tarse con invenciones nuevas, y que solo la eleccion de un personal escogido es capaz de remediar. Nosotros, con Mark Huish y algunos ingenieros mas, estamos persuadidos de que la regularidad absoluta es una perfeccion irrealizable en los caminos de hierro de algun tráfico, que no creemos haya verdadero progreso ni completa seguridad en esta clase de locomocion, sino cuando se prosiga la obra empezada por la telegrafía, es decir, cuando la irregularidad en la marcha de los trenes se eleve á principio, y deje de considerarse como excepcion de regla lo que es ya un hecho constante en el servicio. Paradoja por paradoja, permítasenos considerar menos admisible la que establece que no deben buscarse medios de evitar ciertos accidentes en los caminos de hierro, porque teóricamente no deben existir las causas que los producen; lo cual equivale á decir: No demos un paso mas; hemos llegado al límite de la perfeccion; si hay accidentes, tenga el público el consuelo de que no debe haberlos, y eso, aunque no aumente la seguridad, debe satisfacerle cumplidamente.

En cuanto á la opinion que admite la irregularidad del servicio como principio, que la considera como un medio de seguridad si se combina con un buen sistema de señales y un reglamento especial, está muy léjos de ser una paradoja, pues no hace mas que adoptar lo hecho ya, lo que no puede menos de hacerse en los caminos de hierro; pero en vez de dejarlo como un caso excepcional, no previsto por los empleados, lo organiza, lo convierte en regla, y adopta los medios de señalar á tiempo dichas irregularidades. Ya tendrémos ocasion de volver á tocar este punto con mas detenimiento.

La cuarta categoría de la clasificacion de M. With está destinada á las imprudencias de los empleados y viajeros, y á la falta de comunicacion entre los conductores y el maquinista.

Además, aparte de toda categoría, constituyendo por lo tanto una nueva, habla de los incendios, y entra despues á analizar el servicio de señales.

El capitan Mark Huish, ingeniero del North-Western Rail-

way, ha publicado un opúsculo muy ligero, pero perfectamente escrito, sobre los accidentes en los caminos de hierro; y como hemos dicho ya, admitimos sus ideas, con preferencia á las de With y Couche, sobre la manera de considerar la irregularidad del servicio.

Cuatro son las causas principales de accidentes que establece Mark Huish en su clasificacion: el estado de la via, la locomotora, el material móvil y la falta de atencion á las señales.

En la primera reconoce que son pocos los accidentes que ocurren por el mal estado de la via, cuya conservacion y mejora recomienda, sin embargo, porque como dice muy bien, sus buenas condiciones son la base de la seguridad de esta especie de locomocion. Como causas secundarias, despues de haber insistido sobre la calidad de las barras-carriles y manera de sujetarlas, señala la malicia del hombre, mas frecuente por desgracia de lo que generalmente se cree; las alternativas del tiempo, tan variable en Inglaterra, y los obstáculos con que suele encontrarse el tren en su marcha, ya por los frecuentes pasos de nivel que ha obligado á establecer el mucho tráfico, ya por la maniobra equivocada de las agujas.

La segunda de las causas de accidentes que toma en consideracion es la locomotora, y da la siguiente tabla, que manifiesta el grado de probabilidad que tiene de descomponerse cada una de las partes que la constituyen, formada con mil casos, tomados entre los que han ocurrido en el North-Western Railway y sus ramales.

Dice así la tabla:

ANÁLISIS *de 1,000 casos de roturas, descomposiciones, etc., ocurridos en el* LONDON Y NORTH-WESTERN RAILWAY *y sus ramales, con un material de 587 locomotoras.*

157 Tubos reventados ó que dejaban escapar el agua.
92 Ballestas rotas.
89 Ejes de válvulas rotos (*valve spindles*).

77 Bombas rotas ó defectuosas.
48 Tubos de alimentacion rotos.
40 Roturas de émbolos ó de sus vástagos.
34 Roturas y descomposiciones de válvulas ó aparatos de válvula.
34 Pernos ó pasadores de diferentes clases rotos ó perdidos.
34 Barras de rejilla fundidas.
31 Chavetas de varias clases rotas ó perdidas (*cotters*).
29 Tapones y casquillos soltados (*plugs and joints*).
25 Anillos de excéntricos rotos ó perdidos (*eccentric straps*).
21 Ruedas y llantas rotas.
21 Bielas y vástagos de enganches rotos ó doblados (*coupling and conneting rods*).
17 Tacillas lubricadoras rotas (*sponge boxes*).
17 Tirantes de excéntricos rotos ó doblados (*eccentric rods*).
17 Muñecas rotas (*crank-pins*).
15 Discos de excéntricos rotos ó sueltos (*eccentric-sheafs*).
15 Barras de enganche y de traccion rotas (*coupling and draw bars*).
13 Ejes de cigüeña rotos (*crank axles*).
13 Anillos de excéntrico y pernos rotos (*eccentric straps and bolts*).
13 Tubos de vapor y de aspiracion rotos ó estropeados.
13 Palancas de inversion rotas ó defectuosas.
11 Abrazaderas de bielas rotas (*connecting-rod straps*).
11 Cojinetes centrales rotos (*middle bearings*).
9 Soportes, tornillos ó abrazaderas de ballesta rotas.
8 Suspensiones de enganches rotas (*lifting links*).
7 Llaves de espita de desagüe y otras, rotas (*blow-off cocks*).
6 Escarpias rotas (*quadrant studs*).
6 Ejes de regulador rotos ó perdidos (*regulator spindles*).
6 Contra-clavijas rotas (*gibs*).
5 Virotillos ó sostenes de la caja de fuego (*stay*).
5 Ceniceros desprendidos (*ash pans*).
3 Incendios de la caja de humos ó de la chimenea.
3 Roturas de las escuadras del eje de contrapeso (*brackets of weigh-bar shafts*).
3 Tubos de alimentacion obstruidos teniendo que largar el fuego (*feed pipes stopped up, dropped fire*).
3 Sopandas de ballestas rotas (*spring balances*).
3 Dados de corredera rotos (*slide blocks*).
3 Vástagos de cigüeña rotos (*crank rods*).
3 Tubos desprendidos interiormente junto á la caja de humos.
3 Cajas de grasa rotas (*axle boxes*).
3 Válvulas de corredera rotas (*slide valves*).
3 Cojinetes de la derecha rotos (*right hand bearings*).
3 Puja-estopas rotos (*glands*).
3 Mangas defectuosas (*hose pipes*).
3 Anillos de piston rotos (*piston rings*).

2 Frenos rotos.
2 Pérdidas de los ovalillos del sector (*quadrant washers*).
2 Roturas de la cruz ó remate de los vástagos (*goss-head spindles*).
2 Escotillas defectuosas (*mud-hole doors*).
2 Ejes de contrapeso rotos (*weigh-bar shafts*).
2 Cojinetes de ruedas motoras rotos (*brasses of driving journals*).
2 Dados rotos en el aparato de expansion (*studs of link motion*).
2 Extremos de barras de fuego rotos (*catches of fire bars*).
2 Tubos de vidrio rotos.
1 Tuerca de la barra de traccion del ténder, caida (*nut off tender draw-bar*).
1 Pasador del ténder roto (*tender eye-bolt*).
1 Silbato de vapor estropeado.
1 Explosion de la caldera.

1000

La importancia de todo dato estadístico que dé á conocer cuáles son las partes mas expuestas á un accidente en la locomocion por caminos de hierro, nos ha movido á dar esta minuciosa análisis, que seria infinitamente mas útil si pudiera compararse con la del material de otros caminos de hierro.

Segun se ve, la rotura ó descomposicion de los tubos de la caldera es el caso mas frecuente, y reunido con la rotura de los resortes y válvulas, constituyen una tercera parte de las descomposiciones que pueden ocurrir en una locomotora. Casi ninguna de ellas pone directamente en peligro la vida del viajero; pero todas contribuyen á retardar ó suspenderla marcha de un tren, y pueden ser por lo mismo la causa mas ó ménos remota de un accidente fatal.

La tercera de las categorías de la clasificacion de Mark Huish se refiere á todo lo que tiene relacion con los carruajes, ó sea el material móvil; desde la construccion de este, cuya solidez, dice, apenas deja probabilidades de accidentes, como lo prueba el no haber tenido mas que seis ruedas rotas en el inmenso material del London and North-Western Railway, durante los cuatro años que han precedido al de 1852, en que escribia, hasta el caso de un fuego en el tren, tanto mas alarmante y terrible, cuanto que han sido ineficaces los medios propuestos para poner en comunicacion á los pasa-

jeros con los empleados en circunstancias tales. El calentamiento de los ejes en las cajas de grasa, la imperfeccion en los enganches, la falta de alineacion en los parabotes, y la carga desigualmente repartida, son tambien causas de accidentes que señala, particularmente en los carruajes de mercancías, que al contrario de lo que sucede con los de viajeros, no se construyen con todo el cuidado debido, y son por consiguiente, orígen de muchos accidentes. El *fuego* en los trenes de mercancías es bastante frecuente, dice, por la facilidad con que se inflaman las cubiertas de los wagones al caer sobre ellos las pavesas que despide la chimenea.

La falta de atencion á las señales y la inobservancia de los reglamentos son las causas que enumera despues Mark Huish, considerándolos como el orígen mas abundante de los peligros que se corren en un ferro-carril, puesto que constituyen, dice, los nueve décimos de todos los accidentes.

Mirando la cuestion por el lado que en nuestra opinion debe mirarse, Mark Huish cree que no es posible que los empleados de los caminos de hierro dejen de estar sujetos á las debilidades humanas, así es, que por mas esmero que se ponga en elegir los hombres, nunca serán perfectos, y las consecuencias de un olvido momentáneo é involuntario pueden ser terribles; no hay pues una parte mas delicada en el servicio, ni que mas ansiedades deba causar á un director, que la cuestion de obtener señales eficaces en su línea.

Las señales fijas que se usan generalmente, y de que hemos hablado en el capítulo anterior, son á juicio del ingeniero inglés, bastante buenas; cuando se colocan á una distancia y con las precauciones convenientes, dejan poco que desear, y no solo producen la ventaja de proteger positivamente la marcha del tren, sino que la energía y seguridad de accion que debe tener el maquinista aumenta con la conciencia de que no se halla abandonado á la ventura. En este mismo párrafo toca la cuestion, tan debatida en Inglaterra, sobre la conveniencia de que sean positivas ó negativas las señales

permanentes que se ponen en ciertos puntos en que un tren puede no encontrar la via libre, y recomienda, como mas admitido, á pesar de la incertidumbre que reina todavía, el sistema de fijar una señal que no permita el paso sino cuando se haga desaparecer con ese objeto.

En cuanto á las señales que han de hacer los guardas de la via entre estacion y estacion, verdadero escollo de los sistemas usados hasta el dia, reconoce la dificultad de observar estrictamente los reglamentos en cuanto á la distancia á que deben y pueden hacerse, sobre todo en tiempo de nieblas. En este último caso, el servicio seria algunas veces imposible en Inglaterra sin el auxilio de las señales detonantes, que considera como uno de los medios de proteccion mas eficaces con que cuenta la locomocion por caminos de hierro.

Pero la parte mas notable del opúsculo de Mark Huish, con la que estamos completamente de acuerdo, es la que consagra á establecer y probar el principio contrario á la supuesta necesidad de conservar una estricta regularidad en el servicio. Los estrechos límites de su opúsculo no le permiten extenderse cuanto hubiera sido de desear; pero formula claramente la idea en estos términos: «Con un sistema de señales bien ordenado y con un buen personal, por grande que sea la irregularidad en la marcha de los trenes, no se aumenta el peligro; por el contrario, la incertidumbre produce, hasta cierto punto, mayor seguridad, por la continua vigilancia que exige; y de la misma manera que ocurren pocas desgracias en los sitios mas populosos de Lóndres, así en los caminos de hierro están mas libres de accidentes los puntos en que el tráfico es mayor.» Como lo prueban numerosos ejemplos, y entre ellos, el del servicio extraordinario establecido con motivo de la Exposicion de Lóndres de 1851. (V. la pág. 121.)

Tal vez se quiera echar mano de este mismo argumento para sostener la peregrina idea emitida por algunas personas, que se oponen á todo sistema de señales automáticas, so pretexto de que aumentando la confianza de los empleados en

proporcion á la bondad del sistema, disminuirá su vigilancia, y como no hay sistema ninguno que no se halle expuesto á fallar alguna vez, las probabilidades de accidentes aumentarán, dicen, en vez de disminuir. No parece posible que se oiga esto en boca de personas cuya posicion y conocimientos debian poner á cubierto de tamaña preocupacion, y sin embargo, lo hemos oido muchas veces, y no pocas hemos dudado de la buena fe del que lo decia. ¿Seria posible ninguna mejora en la industria, si tuviesen valor semejantes objeciones? ¿No habrian retrocedido los fabricantes ante la idea de armar las calderas de vapor con válvulas de seguridad, manómetros y demás aparatos indicadores, cuyo objeto es avisar automáticamente el peligro que ocasiona un descuido del maquinista, ya echando demasiado fuego en el hogar, ya olvidándose de renovar el agua en la caldera? No se hubiera considerado como una reforma perjudicial en los telégrafos la adicion de un repique avisador que permite al telegrafista separar los ojos del aparato y aun ausentarse de su oficina? La aplicacion misma del telégrafo eléctrico á los caminos de hierro, en vez de los inmensos beneficios que ha producido, ¿no hubiera sido, segun los que opinan que el hombre debe hacerlo todo, un manantial de accidentes? El jefe de estacion, que confiado en que se le ha de avisar con anticipacion la salida de un tren, descuidara los preparativos para recibirlo en cualquier momento, ¿podria disculparse con el telégrafo si se le probara que habia faltado al reglamento?

No podemos admitir de manera alguna que los empleados descuidarian su obligacion hasta el punto de hacer mas peligrosa la locomocion por caminos de hierro, solo porque esta tuviera un elemento mas de seguridad; seria como pretender que al hombre á quien se le da un baston para que se apoye y marche con mas seguridad al borde de un precipicio, se le aumenta el peligro, porque confiado en el palo cerrará los ojos y se precipitará en el abismo. Es verdad que el palo puede romperse una vez, y ser causa de una desgracia; pero

¿no quedará este caso compensado con los muchos en que salve á los que lo lleven? De la misma manera podrá un sistema de señales automáticas fallar una vez, cuando los empleados estén precisamente faltando á su deber; pero esto no puede ser sino un caso excepcional, mil veces menos probable que el de que un empleado cometa un descuido; y aun despues de sucedido serviria de provechoso ejemplo para el porvenir, ejemplo no muy caro, aunque doloroso, y que en nada haria desmerecer un sistema, si se considera que antes de ocurrir aquel caso habia salvado de otros cien peligros, que sin él hubieran sido inevitables.

Quede pues sentado que si bien convenimos con Mark Huish en que la irregularidad, admitida como regla, tomada en cuenta, y por consiguiente precavida siempre, puede ser una prenda de seguridad en la locomocion por caminos de hierro, porque mantiene alerta la vigilancia de los empleados, no por eso vemos en ello un argumento en contra de todo sistema que ayude á ejercer esa vigilancia.

Como causas menos importantes de accidentes, habla Mark Huish de los defectos en la formacion de los trenes, de la rotura de los enganches en los planos inclinados ó pendientes, de los árboles y ganados que pueden atravesarse en la via, y de los pasos de nivel, orígen frecuente de desgracias cuando no están bien vigilados.

Terminarémos el ligero exámen que hemos hecho del trabajo del ingeniero inglés citando las siguientes palabras, en que resume, por decirlo así, su opinion sobre la materia: «Los accidentes suceden rara vez por circunstancias previstas de antemano. Generalmente son estas de un carácter misto, resultado de la reunion de varias causas. Es fácil ser avisado despues del acontecimiento; pero mientras las máquinas sean materiales y la naturaleza humana falible, es de temer que aunque la experiencia y la habilidad disminuyan los efectos de los accidentes, no se conseguirá evitar que estos sigan conmoviendo la sociedad y exponiendo á la censura á todo el que se

encargue de dirigir un camino de hierro.» Estas desconsoladoras palabras, que tienen un fondo de verdad, son inexactas, sin embargo, por la exageracion en que ha incurrido su autor, víctima tambien de la escasa fe con que la mayor parte de los llamados hombres prácticos reciben las ideas ajenas, cuando vienen de los que apellidan profanos; y como les falta tiempo para hacerlo por sí mismos, condenan á la humanidad entera á una esterilidad absoluta, que no tiene ejemplo en ninguna otra aplicacion de las ciencias y de las artes industriales. Y todo porque confunden la idea con la manera de ponerla en ejecucion, porque no se les presenta el problema perfecto desde el primer momento, y desdeñando trabajar en él, prefieren condenarlo absolutamente. ¡Feliz el público si esa misma idea no queda sepultada, y viene bajo otra forma, algunos años despues, á ocupar de incógnito ó con un nombre prestado el puesto que se le negó en la série de perfecciones con que inevitablemente ha de enriquecerse la locomocion por camino de hierro!

Antes de entrar en la análisis del cuadro que hemos formado, clasificando de la manera que nos parece mas completa y conveniente las causas que pueden producir accidentes en los caminos de hierro, no será inoportuno hacer mencion de la que ha hecho el capitan de ingenieros Douglas Galton en el informe oficial que se pasó de real órden al Parlamento inglés en marzo de 1854. La adjunta tabla, que trasladamos íntegra, tiene la ventaja de manifestar en un reducido espacio el número de accidentes debidos á cada una de las causas que se expresan en las cabezas de las columnas y de las líneas; pero como ha concurrido mas de una causa en la mayor parte de los accidentes, el número de estos no se deduce claramente del exámen de la tabla, y lo subsanarémos con las siguientes observaciones.

TABLA *de los accidentes ocurridos en los caminos de hierro de Ingla...*
presenta...

1.° Accidentes debidos al material de servicio ó al estado de la via.
Descarrilamientos de las máquinas ó carruajes del tren. . . . .
Accidentes en los cambios de via. . . . .
Personas que yendo en los trenes han chocado contra las obras adyacentes á la via. . . . .
Explosion de calderas. . . . .
TOTAL EN ESTA CLASE. . . . . . .
2.° Accidentes que pertenecen á la manera de hacer el servicio en los ferro-carriles.
Choques entre trenes que seguian la misma direccion en caminos de doble via. . . . .
Choques en los cruzamientos de nivel. . . . .
Choques entre trenes que marchaban en direccion contraria en caminos de una sola via. . . . .
Accidentes varios. . . . .
TOTAL EN ESTA CLASE. . . . . . .
TOTAL en ambas clases. . . . .

durante el año de 1853, segun la clasificacion hecha en el informe oficial Parlamento.

CAUSAS QUE PROVIENEN DEL MATERIAL Y DE LA VIA.					CAUSAS QUE PUEDEN ATRIBUIRSE AL SERVICIO.									
	MAL ESTADO		CONSTRUCCION DEFECTUOSA		INSUFICIENCIA DE LOS MEDIOS EMPLEADOS PARA PROPORCIONAR SEGURIDAD.					FALTA DE DISCIPLINA.				
Casuales.	Del material de servicio.	De la via.	Del material de servicio.	De la via.	Falta de fuerza en la máquina.	Insuficiencia de los frenos.	Falta de comunicacion entre el guarda y el maquinista.	Falta de señales.	Falta de itinerarios con horas.	Involuntaria.	Falta ó poca oportunidad de las medidas.	Insuficiencia ó poca oportunidad de los reglamentos.	Medios defectuosos de conservar las distancias entre los trenes.	Descuidos de los subalternos.
10	3	5	5	6	»	2	2	»	2	»	1	4	1	3
»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	1	»	2
»	»	1	3	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
»	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
10	5	6	8	7	»	2	2	»	2	»	1	6	1	6
2	»	»	»	»	3	2	1	10	6	2	12	24	14	19
»	»	»	»	»	»	1	»	2	1	»	»	1	»	»
2	»	»	»	»	»	3	1	1	»	»	1	8	»	2
»	1	»	»	2	»	1	»	»	»	»	»	3	»	1
4	1	»	»	2	3	7	2	13	7	2	13	36	14	22
14	6	6	8	9	3	9	4	13	9	2	14	42	15	28

Los principales accidentes, segun el capitan Douglas, han sido 76 durante el año 1853, y se debieron 33 al estado del material móvil ó de la via, y 43 á faltas en el servicio. En la primera de estas dos clases hubo 24 casos de descarrilamiento, de los cuales, 13 fueron independientes del buen servicio, dice el informe, y 11 habrian podido evitarse si se hubiera hecho en regla; pero examinando bien la tabla, se ve que pueden agregarse á estos últimos algunos de aquellos. Dos accidentes ocasionados por la falsa posicion de las agujas, cuatro por haber tropezado las víctimas que iban en el tren contra las obras de arte, y tres por explosion de calderas completan los 33 casos que comprende la primera de las dos clases; y segun las indicaciones que trae el mismo informe, de estos 33, solo 14 pueden atribuirse á causas enteramente independientes del servicio, y los 19 restantes á faltas de cuidado mas ó menos directas de parte de los empleados superiores y subalternos, y en algunos casos á economías indebidas.

En la segunda de las dos clases hubo 30 choques entre trenes que recorrian líneas de doble via, 2 encuentros en los cruzamientos de nivel, 8 casos de choque en líneas de una sola via, y 3 accidentes debidos á causas varias, procedentes todas de la falta de observancia de los reglamentos ó de la insuficiencia de estôs.

De los 30 choques primeros, solo dos pueden atribuirse á causas puramente accidentales, segun el capitan Douglas, y aun estos nos parece que deberian agregarse á lôs restantes, porque el mismo ingeñiero añade que se debieron en parte á la negligencia de un guarda y á la falta de un buen sistema para mantener entre dos trenes la distancia necesaria.

En una palabra, y para no seguir en todos sus pormenores el informe citado, que tendrá cabida en otra obra mas adecuada, dirémos que todos los accidentes los atribuye á dos causas principales: 1.ª economías mal entendidas; 2.ª sistemas ineficaces y falta de disciplina.

CUADRO SINÓPTICO

DE LAS CAUSAS QUE PUEDEN PRODUCIR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO,

SEGUN LA CLASIFICACION DE **FERNANDEZ DE CASTRO.**

- FALTAS EN EL MATERIAL.
  - DEFECTOS DE LA VIA EN.
    - **El trazado de.**
      - curvas.
      - pendientes.
      - túneles.
      - puentes.
      - agujas.
      - tornavias ó plataformas giratorias.
      - cruzamientos de nivel.
      - pasos de nivel.
    - **La ejecucion ó colocacion de.**
      - obras de tierra.
      - muros de sostenimiento, y demás obras de arte.
      - traviesas.
      - barras carriles.
      - cojinetes.
      - cuñas, cabillas y tornillos.
    - **La calidad de.**
      - terrenos.
      - balastre.
      - maderas.
      - hierro.
      - cabillas.
  - CARRUAJES; DEFECTOS EN LA.
    - **Forma y disposicion de.**
      - ejes. — su rotura, su calentamiento.
      - ruedas.
      - resortes.
      - colocacion de las ruedas.
      - centro de gravedad.
      - portezuelas.
    - **Calidad de.**
      - la madera.
      - del hierro.
      - cubiertas susceptibles de inflamarse.
      - fragilidad de los resortes.
    - **Formacion del tren.**
      - diferente altura de los bastidores.
      - falta de alineacion en los topes.
      - imperfeccion en los enganches. — falta de comunicacion entre el conductor y el maquinista.
      - manera de colocar la carga. — desigualmente repartida. sobresaliendo demasiado.
      - órden de colocacion de los carruajes.
      - frenos. — su número, su reparticion.
  - LOCOMOTORA.
    - **Caldera.**
      - explosiones. — incrustaciones, válvulas de seguridad, tapones fusibles.
      - rotura de tubos.
      - falta de alimentacion.
    - **Hogar.**
      - calidad del combustible.
      - fusion de las barras.
      - caida del cenicero.
      - incendio de la chimenea.
    - **Mecanismo.**
      - rotura. / pérdida. / descomposicion. — de alguna de las piezas.
    - **Tren ó bastidor.**
      - ruedas. / ejes. / resortes. — su forma, disposicion y calidad, como en los carruajes.
    - **Instabilidad.**
      - contrapesos.
      - exceso de velocidad.
    - **Exceso de peso con relacion al material fijo.**
- CHOQUES.
  - DE DOS TRENES ENTRE SI.
    - **QUE VAN EN LA MISMA DIRECCION.**
      - **En marcha ambos.**
        - por retraso del primero.
        - por exceso de velocidad en el segundo.
        - por equivocacion de las horas.
        - por obstinacion de algun empleado.
      - **Detenido uno.**
        - por descomposicion en el tren.
        - por impotencia de la máquina.
        - máquinas de socorro, ó pilotos.
        - en las estaciones.
        - en los apartaderos.
      - (todos) — siempre porque no se ha hecho señal, porque no se ha percibido á tiempo, ó por insuficiencia de los frenos.
    - **QUE VAN EN DIRECCION CONTRARIA.**
      - **En los caminos de una via.**
        - por falta de aviso en las estaciones.
        - por equivocacion de órdenes.
        - por obstinacion del maquinista.
      - **En los caminos de doble via.**
        - por la inversion del vapor en los cilindros, con maquinista ó sin él.
      - **En los cruzamientos.**
        - por error en las horas de salida.
        - por retrasos en la marcha.
      - (todos) — siempre porque no se han visto los trenes, ó no se han visto las señales á tiempo, ó por insuficiencia de los frenos.
      - **En las bifurcaciones.**
        - por error en las horas de salida.
        - por retrasos en la marcha.
        - por equivocacion del guarda-agujas.
      - **En los paseos de la máquina.**
  - DE UN TREN CONTRA OTROS OBJETOS.
    - **Contra la pared de un edificio.**
      - por abandono del maquinista.
      - por descomposicion de la máquina.
    - **Contra wagones estacionados.**
    - **Contra carros pesados en los pasos de nivel.**
- DESCARRILAMIENTOS.
  - **Por rotura ó descomposicion en el material móvil.** — todos los accidentes correspondientes á carruajes y locomotoras.
  - **Por rotura ó descomposicion de la via ó material fijo.**
    - carriles levantados ó rotos.
    - cojinetes ó cuñas salidas.
    - via hundida.
  - **Por obstáculos interpuestos en la via.**
    - mala posicion de las tornavías ó plataformas giratorias.
    - id. id. de las agujas.
    - id. id. de las barreras.
    - nieve.
    - árboles.
    - ganado. — en los pasos de nivel, por falta de cierre.
    - tierra y piedras del desmonte.
    - empleados y transeuntes caidos.
    - objetos puestos por la malevolencia. — de personas extrañas, de los mismos empleados.
  - **Por la apertura indebida de puentes levadizos.**
  - **Por exceso de velocidad en las curvas.**
  - **Por la instabilidad de la máquina y carruajes del tren, movimiento oscilatorio y de trepidacion.**
- IMPRUDENCIA DE LAS VICTIMAS.
  - **Cuando son empleados.**
    - al pasar de un carruaje á otro por los estribos.
    - metiendo los carruajes en los apartaderos.
    - subiendo ó bajando de los carruajes en movimiento.
    - cogidos entre los topes ó para-choques.
    - cogidos entre las paredes ó techos de las obras de arte.
    - lanzados de sus puestos. — por ir dormidos, por no ir bien colocados.
    - dormidos sobre la via.
    - trabajando en la via.
    - trabajando en las estaciones.
  - **Cuando son viajeros.**
    - por estar en un sitio ó actitud poco conveniente.
    - saliendo ó entrando en los carruajes en movimiento.
    - saltando para coger un sombrero ú otro objeto caido.
    - por coger un objeto desde el carruaje en marcha.
    - saliendo por el costado contrario al del andén de la estacion.
  - **Transeuntes ó contraventores.**
    - por cruzar la via.
    - por mantenerse demasiado cerca de los carriles.
    - por dormirse en la via ó por embriaguez.
    - suicidios.
- CAUSAS QUE VERDADERAMENTE NO PUEDEN PREVERSE.
  - inundaciones súbitas.
  - incendios. — falta de comunicacion en los trenes.
  - trenes volcados por el viento.
- DEFECTOS EN LA ADMINISTRACION DEL CAMINO.
  - **Economías indebidas.**
    - falta de personal.
    - renovacion insuficiente del material.
    - poco celo en la adopcion de mejoras.
  - **Culpa de los jefes.**
    - exceso de complacencia en mantener empleados poco aptos.
    - falta de disciplina en el personal.
    - falta de un sistema de emulacion. — [c]astigos, [r]ecompensas.

MADRID, 1858.— Imp. de M. RIVADENEYRA.

Nosotros hemos creido deber apartarnos de todas las clasificaciones hechas, y adoptar la del adjunto cuadro sinóptico, en que aparecen seis causas principales : Faltas en el material, Choques, Descarrilamientos, Imprudencia de las víctimas, Causas que verdaderamente no pueden preverse de antemano, y Defectos en la administracion del camino.

Las *faltas en el material* pueden ser, ya en la via, en los carruajes ó en la locomotora.

Los defectos en la via pueden provenir del trazado, de la ejecucion de las obras ó colocacion de las partes de la via, y de la calidad de los materiales.

Hay que considerar en el trazado, las curvas, pendientes, túneles y puentes, que ya sea porque no estén convenientemente situados, ya porque se hallen mal combinados unos con otros, pueden dar lugar á catástrofes graves, entre otras, á descarrilamientos, hundimientos, y los males que resultan de tener que forzar la produccion de vapor en las máquinas. Las agujas, las tornavías ó plataformas giratorias, los cruzamientos y los pasos de nivel, originan tambien mas ó menos accidentes, segun se hallen mejor ó peor situados.

La ejecucion de las obras de tierra y muros de sostenimiento, la colocacion de las traviesas, barras-carriles, cojinetes, cuñas, cabillas y tornillos son tambien un manantial de descomposiciones en la via. Lo mismo sucede con la calidad de todas estas piezas, la del balastre y terrenos en que se establece la línea.

Los carruajes ocasionan accidentes por la forma y disposicion de los ejes, que pueden romperse ó calentarse; la de las ruedas y resortes, la colocacion de aquellas, el centro de gravedad del carruaje, y el tamaño y disposicion de las portezuelas. La calidad de la madera, del hierro, de las cubiertas, ya sean ó no inflamables, y la mayor ó menor fragilidad de los resortes influye, como es natural, en su solidez. Por último, la manera de formar el tren puede dar orígen á percances; porque si los bastidores no se hallan á la misma al-

tura, si los topes no están alineados, y si la carga no va igualmente repartida ó sobresale de la talla ó plantilla hecha á la medida de las obras de arte, se concibe la clase de accidentes que pueden ocurrir. La imperfeccion en los enganches produce separaciones en el tren, de consecuencias muy graves cuando la falta de comunicacion entre el maquinista y el guarda-tren, y la ineficacia de los frenos no permite tomar medidas enérgicas de precaucion; por último, hasta el órden de colocacion en los vehículos que constituyen el tren, puede contribuir á hacer mas ó menos insegura su marcha y la salud del viajero.

La locomotora, mas que ninguna otra parte del tren, se halla expuesta á percances; la caldera, por las explosiones, la rotura de los tubos, falta de cuidado en la alimentacion, en la limpieza y en la purificacion del agua; el hogar, por la calidad del combustible, la fusibilidad de las barras, la caida del cenicero y el incendio de la chimenea; en el mecanismo, que es tan complicado, puede romperse, descomponerse ó perderse alguna pieza; el tren ó bastidor se halla en el mismo caso que el de los carruajes con respecto á las ruedas, ejes y resortes; hay que considerar tambien en la locomotora su instabilidad, que proviene de un exceso de velocidad, de la falta de contrapeso ó de su mala colocacion; y por último, el exceso de peso de la máquina con respecto al material fijo produce muchas veces accidentes graves.

Todas las causas que acabamos de enumerar, y que pueden reunirse bajo el nombre genérico de faltas en el material no se remedian ni podrán nunca remediarse sino á fuerza de cuidado en los estudios, en la construccion y en la conservacion, tanto de las partes que componen la línea, como de las que constituyen los trenes; pero debe confesarse, para gloria de los fabricantes, ingenieros y maquinistas, que son muy raros los accidentes que ocurren por faltas en el material móvil, y mucho menos frecuentes que los de otra clase los que provienen exclusivamente de defectos en el material fijo.

Además de eso, hay que tener en cuenta que la mayor parte de los casos citados en el cuadro sinóptico para la primera de las causas principales, aunque son en sí de poca importancia, y no ocasionan desgracias sino por las detenciones, retrasos y poca regularidad que introducen en el servicio, su resultado final son choques, descarrilamientos y explosiones; por consiguiente, un buen sistema capaz de prevenir los efectos de dichas faltas es y debe considerarse tambien como un remedio para las que parecen mas extrañas á su índole.

Los *choques* constituyen la segunda de las causas principales que hemos señalado como orígen de las desgracias que ocurren en los caminos de hierro, y tanto por su frecuencia como por los fatales resultados que producen, debe considerarse como la mas grave y mas digna de fijar la atencion de los ingenieros y hombres del arte.

Los choques pueden ser de dos trenes entre sí, ó de un tren contra otros objetos. Los dos trenes pueden ir en la misma ó en direccion contraria, y en el primero de estos dos casos, hallarse en marcha ambos ó detenido el uno. Cuando ambos van marchando en la misma direccion, el choque puede ocurrir por retraso del primero, por exceso de velocidad del segundo, por equivocacion en las horas de salida, ó por obstinacion del maquinista, como ha ocurrido ya, por mas que parezca extraordinario el caso. Si uno de los trenes se halla detenido, se debe unas veces á descomposiciones en el tren, otras á la impotencia de la máquina, algunas á la llegada inoportuna de la máquina-piloto ó de socorro, y sucede con no poca frecuencia en las estaciones y apartaderos donde la máquina parece hallarse en seguridad.

Cuando los trenes se chocan marchando en direccion contraria, los accidentes pueden ocurrir en los caminos de una via, por falta de aviso en las estaciones, por equivocacion en las órdenes ó por obstinacion del maquinista; en los caminos de doble via, por la inversion del vapor en los cilindros, tratando de salvarse de otro riesgo, ya sea que el maquinista perma-

nezca en su puesto, ó bien que lo haya abandonado, como sucedió en enero de 1854 en la parte prusiana del camino de Saarbruck á Metz.

En los cruzamientos ocurren los choques por error en las horas de salida, por retrasos en la marcha, y además de esto, en las bifurcaciones, por equivocacion del guarda-agujas. Por último, los choques tienen lugar tambien entre un tren en marcha y la locomotora de otro convoy, que por hallarse escasa de vapor, haya dejado su tren con objeto de dar algunos paseos, y activar así la combustion en el hogar.

Si se examinan bien todos los casos que dan lugar al choque de dos trenes, ya sea en la misma, ya en direccion contraria, se verá que no hay uno solo que no pueda evitarse con un buen sistema de señales que prevenga á cierta distancia la aproximacion de los trenes : esto con las banderas y faroles no se conseguirá nunca.

Los *descarrilamientos* pueden ocurrir por la rotura ó descomposicion de alguna de las piezas en el material móvil, y comprende todos los percances que se han mencionado al hablar de los carruajes y locomotoras. Ocurren tambien por la rotura ó descomposicion de cualquiera de las partes que constituyen el material fijo, como carriles levantados ó rotos, cojinetes ó cuñas salidas, trozos de la via hundidos, etc.

Otras veces se deben los descarrilamientos á obstáculos interpuestos en la via, y consideramos como tales la mala posicion de las tornavías ó plataformas giratorias, de las agujas y de las barreras; la nieve, los árboles y las tierras de los desmontes; los ganados en los pasos á nivel, ó los que entran por falta de cierres, los empleados y transeuntes caidos, y por último, los objetos que con no poca frecuencia se colocan al paso de los trenes, unas veces por personas extrañas al camino, y otras por los mismos empleados, que quieren hacerse con ello un mérito, denunciando el hecho; por raro que parezca esto, ha tenido ya que castigarse en mas de una ocasion.

La apertura indebida de puentes levadizos, el exceso de velocidad en las curvas, y la instabilidad de la máquina y carruajes del tren, que producen movimientos oscilatorios y de trepidacion, son tambien causas de accidentes que deben clasificarse entre los descarrilamientos. El remedio para estos varia infinitamente, segun la causa; pues si bien las agujas, tornavías y barreras pueden, con un buen sistema, producir oportunamente señales automáticas cuando no estén en la posicion que deben, hay otros obstáculos que solo el guarda es capaz de señalar mejor ó peor, segun el sistema usado, y algunas de las causas solo podrian evitarse, como indicamos ya, á fuerza de cuidado en el exámen del material y una estricta observancia del reglamento; las consecuencias, sin embargo, serian menos fatales, si los medios de avisar fueran mas perfectos que los que hoy se emplean.

La *imprudencia de las víctimas* es la cuarta de las causas principales que hemos señalado en nuestra clasificacion. En efecto, si son empleados del camino, las desgracias ocurren generalmente por una de estas causas: al pasar de un carruaje á otro por los estribos; subiendo ó bajando de los carruajes en movimiento; cogidos entre las paredes ó techos de las obras de arte; lanzados de sus puestos por haberse dormido ó por no ir bien colocados; metiendo los carruajes en los apartaderos; cogidos entre los topes ó para-choques; trabajando en las estaciones ó en la via, y hasta por haberse dormido en esta. Para los viajeros los riesgos son menores, pero parecidos á los que corren los empleados, y casi siempre por imprudencias, que no bastarian á hacer menos fatales las modificaciones que exige el material móvil. Las principales desgracias han ocurrido siempre por estar en un sitio ó actitud poco conveniente; saliendo ó entrando en los carruajes en movimiento; saltando para coger un sombrero ú otro objeto caido; por querer coger un objeto desde el carruaje en marcha, y saliendo por el lado contrario al del anden de la estacion.

Los transeuntes y contraventores encuentran la muerte las mas veces por cruzar la via, por mantenerse demasiado cerca de los carriles, por dormirse en la via ó por embriaguez, y algunas veces voluntariamente, por la firme intencion de suicidarse.

Ya lo hemos dicho, algunas mejoras en el material móvil, una estricta observancia de los reglamentos y disposiciones que parezcan mas nimias, y la costumbre, que solo el tiempo y el buen juicio pueden dar, de no contravenir á lo que está mandado, solo por el gusto de faltar á ello, es lo que podrá remediar, ó al menos reducir, las desgracias que se incluyen con el epígrafe de *Imprudencia de las víctimas*.

Ocurren en los caminos de hierro *accidentes cuyas causas no pueden verdaderamente preverse*: tales son las inundaciones súbitas y extraordinarias, que hacen ineficaces los desagües que se han calculado para las circunstancias ordinarias, y aun para las extraordinarias que ya han tenido lugar. El otoño de 1855 en España y la primavera de 1856 en Francia son ejemplos terribles de esta clase de accidentes.

Los incendios son hasta cierto punto accidentes que pertenecen á esta categoría, y agrava sus efectos la circunstancia de no haber medios fáciles de establecer una comunicacion entre el maquinista, el guarda-tren y los viajeros; aunque está reconocido que la comunicacion directa entre los viajéros y el maquinista podrian dar lugar á muchos mas peligros.

El mas raro de cuantos accidentes pueden ocurrir en un camino de hierro, tan raro, que no creemos haya mas de un ejemplar, es el último que colocamos entre los verdaderamente imprevistos; es el de un tren volcado por el viento, como ha sucedido el año último en los Estados-Unidos. Contra accidentes de esta naturaleza es inútil buscar remedios para prevenirlos, y por eso los llamarémos verdaderamente imprevistos; lo que sí puede hacerse en algunos casos es hacer menos funestas sus consecuencias.

Los *defectos en la administracion del camino* comprenden las economías indebidas y las negligencias de los jefes. Las primeras son fatales cuando llegan al extremo de dejar escasear el personal, cuando no se renueva con la frecuencia necesaria el material del camino, y cuando por no hacer gastos, de poca importancia las mas veces, dejan de adoptarse mejoras. La negligencia de los jefes se revela algunas veces en el exceso de complacencia en mantener recomendados poco aptos, en la falta de energía y tacto para mantener el personal disciplinado, y por la carencia de un sistema de emulacion, distribuyendo acertadamente castigos y recompensas, que siempre producen fruto cuando son regulados por la mas estricta justicia.

Hemos hablado ya largamente de los principales puntos que comprende esta última parte de nuestra clasificacion, al combatir la idea emitida por algunos de que los accidentes en los caminos de hierro no pueden evitarse sino con buenos reglamentos y un numeroso personal, así como al examinar la defensa que se hace de la apatía con que reciben los directores é ingenieros de los caminos de hierro las proposiciones de todos los que pretenden buscar un remedio al mas digno de atencion de cuantos males ofrece la locomocion por caminos de hierro; seria inútil repetir lo que allí dijimos, y el entrar en nuevas y mas extensas consideraciones seria imposible, porque nos falta espacio para ello, y como lo hemos prometido, deberá mas bien formar objeto de un trabajo especial, en el cual tendrá tambien cabida la enumeracion y exámen de algunos de los diversos accidentes ocurridos en los ferro-carriles, como comprobantes de la clasificacion que hemos adoptado en el cuadro sinóptico. Nos habíamos propuesto hacer algo de esto en el presente capítulo; pero ha sido preciso renunciar á ello, y aun así ha quedado algo mas largo de lo que hubiéramos deseado.

Resumiéndolo en pocas palabras, se ve que nuestro objeto en él ha sido ante todo destruir la preocupacion que reina

generalmente sobre el peligro que se corre en los caminos de hierro, y demostrar que es proporcionalmente menor que en ningun otro sistema de locomocion, sin dejar por eso de reconocer la necesidad de aumentar las precauciones que se toman actualmente; atacar despues la prevencion con que se mira á los que llenos de buenos deseos, se afanan por perfeccionar sistemas de seguridad en los caminos de hierro, indicando las razones que pueden tener los ingenieros y directores para rechazar toda mejora de esta clase, y señalar la única especie de intervencion que en nuestro concepto deben tener los gobiernos en la explotacion de las vias férreas, para cuidar de la seguridad de los viajeros. Despues, y este es el objeto principal del capítulo, hemos clasificado los accidentes que pueden ocurrir en los caminos de hierro, examinando antes las clasificaciones hechas por los diferentes autores que han tratado esta materia. Hecha la clasificacion, y no pudiendo presentarla en esta obra con el desarrollo que merece, y que nos proponemos darle en otro trabajo especial, tiempo es ya de que pasemos á tratar de los medios empleados para hacer de la electricidad el auxiliar mas poderoso de los caminos de hierro.

SISTEMAS ELÈCTRICOS

PARA AUMENTAR LA SEGURIDAD

EN LOS CAMINOS DE HIERRO.

CAPITULO XI.

DE LOS MEDIOS ELÉCTRICOS EMPLEADOS EN LOS CAMINOS DE HIERRO PARA FACILITAR Y HACER MAS SEGURO EL SERVICIO.

Indicadas ya las causas que pueden producir accidentes en los caminos de hierro, parece natural hacerse cargo tambien de los medios que se han empleado y de los que pueden emplearse para evitarlos; pero solo hablarémos de algunos de los primeros en este capítulo, porque seria imposible otra cosa. Examínese en efecto el cuadro sinóptico de la pág. 133, y se verá que de las causas principales en que hemos dividido las que originan desgracias, las hay que no podrian tratarse sino en una obra especial sobre accidentes en los caminos de hierro, y en los tratados de construccion y de administracion de esta clase de vias.

Los choques y descarrilamientos son las causas que permiten emplear medios capaces de entrar en el cuadro que nos hemos propuesto trazar; pero los sistemas presentados, y no adoptados todavía, son en tanto número, necesitan un exámen tan detenido, que solo aquellos que están fundados en la electricidad formarán el objeto de varios capítulos, que seguirán á este. En cuanto á los medios puestos ya en práctica, hemos mencionado algunos en el capítulo IX, describiendo las señales ópticas y acústicas, ya fijas, ya móviles, que se usan en todos los ferro-carriles con muy pocas modificaciones. Réstanos dar á conocer el sistema telegráfico general en ellos, que necesitaba una mencion especial, y los que para

poner en comunicacion los trenes y los guardas con las estaciones se han establecido solo en alguna que otra línea férrea. Empezarémos por dar la descripcion del telégrafo eléctrico empleado para facilitar el servicio, y terminarémos con los medios, tambien eléctricos, que Steinheil, Breguet y Regnault han hecho establecer en algunas líneas de Francia y Alemania.

SISTEMA TELEGRÁFICO USADO EN LOS CAMINOS DE HIERRO.

Al empezar el capítulo VI dijimos que en los telégrafos eléctricos, ó mas bien en todos los sistemas eléctricos que tienen aplicacion á los caminos de hierro, hay que considerar tres cosas principales: los generadores de la electricidad, los órganos eléctricos, y los conductores por medio de los cuales se propaga el flúido. El objeto que nos propusimos al escribir la primera parte de esta obra, fué dar á conocer las principales leyes que deben tenerse presentes en todas las aplicaciones de la electricidad, y simplificar de ese modo las descripciones de los aparatos y sistemas que tuviéramos necesidad de hacer; por consiguiente, al tratar ahora del sistema telegráfico usado en los caminos de hierro, no es ni puede ser nuestro ánimo entrar en consideraciones científicas, que hasta cierto punto se reducirian á repetir lo que ya llevamos dicho en las páginas que preceden; en cuanto á las consideraciones económicas, no serian tampoco de este lugar, porque para que tengan algun valor es menester circunscribirlas á ciertas y determinadas localidades. Repetimos pues que solo se trata ahora de describir las partes que constituyen el sistema de telegrafía de un ferro-carril, y para hacerlo con mas claridad, hablarémos separadamente de cada una de las tres partes principales en que puede dividirse; tomando por tipo el camino de hierro del mediodía de Francia, que va de Burdeos á Bayona, porque además de ser de una sola vía, y exigir por consiguiente mas precauciones, es de los que tienen mejor

montado el sistema, y ha permitido publicar con exactitud en el Boletin de la Sociedad de Fomento (*Bulletin de la Societé d'Encouragement*) la descripcion de los aparatos.

Generadores eléctricos.

La pila empleada en la mayor parte de las líneas telegráficas, y casi puede asegurarse que en todas las vias férreas de Francia y España, son las de Daniell, que describimos en el capítulo II, modificadas por Breguet, es decir, que cada elemento se compone de un vaso cilíndrico de vidrio *V* (figura 49), y otro de una materia porosa *P*, que es por lo regular la porcelana sin barnizar, el cual se introduce en el primero. Este se llena de agua clara hasta uno ó dos centímetros del borde, y se sumerge en él una chapa de zinc enrollada en forma de cilindro; el vaso poroso contiene una disolucion de sulfato de cobre que sube hasta dos centímetros del borde, en la que se introduce un alambre de cobre *C*, provisto de un diafragma agujereado *D*, sobre el cual se colocan quince ó veinte granos de sulfato de cobre para mantener saturada la disolucion.

Creemos inútil repetir aquí todas las precauciones que exigen las pilas para que funcionen con la mayor energía posible, ó mejor dicho, con una intensidad constante; pues ya se sabe que las de Daniell no son muy fuertes, y sin embargo, bastan diez ó quince elementos para trasmitir señales á 160, 200 y aun 300 kilómetros; así es que en muy raras ocasiones se emplea la pila de Bunsen, á no ser que como en las estaciones centrales de Paris, se quieran servir varias líneas telegráficas á la vez. A pesar de todo, no será malo recordar que los líquidos en uno y otro vaso deben mantenerse á un nivel constante, y la disolucion de sulfato de cobre siempre saturada. Como el ácido sulfúrico que resulta de la descomposicion del sulfato de cobre tiene que pasar al través del vaso poroso para atacar el zinc, y la pila no obra sino cuando esto tiene lugar, sucede que no puede servir

sino algun tiempo despues de preparada, á menos que se acidifique el agua en que está sumergido el zinc, como en la primitiva pila de Daniell, ó que se eche un poco de sulfato de zinc en el vaso exterior, como se hace en la estacion central de Lothbury, en Lóndres, con muy buen resultado, segun el ingeniero Varley.

Hay que cuidar tambien de que no caigan al fondo del vaso de cristal pedazos de sulfato de cobre, porque se estableceria una corriente contraria á la primera; ni dejar que se depositen los cristales de sulfato de zinc en los bordes del vaso, porque la capilaridad hace que se derrame por fuera una parte del líquido, y humedeciendo la tabla en que descansan los vasos, los pone en comunicacion unos con otros y con la tierra, perdiéndose así con las derivaciones una parte de la fuerza electro-motriz. Un caso que ocurre frecuentemente, y cuyas consecuencias deben evitarse, es que el alambre ó chapa de cobre se va corroyendo en la superficie del líquido, y acaba por dividirse; entonces hay que renovarlo ó sumergirlo mas. Tambien debe evitarse que el cobre metálico que resulta de la reduccion del sulfato se adhiera á las paredes del vaso poroso, para lo cual no basta darle vuelta á menudo.

Una pila de las empleadas en los caminos de hierro tiene por lo general veinte y ocho elementos, de los cuales, catorce suelen estar de reserva; pero como muchas veces se necesita variar la intensidad de la corriente, es menester que haya un medio de poder aumentar ó disminuir fácilmente cuando se quiera el número de elementos que han de entrar en el circúito.

El regulador de pila, representado en la figura 243, sirve para dicho objeto. Consiste en un disco de madera con cuatro botones ó tornillos metálicos *A B C D*, de los cuales los tres primeros están sobre unas piezas tambien metálicas, embutidas en la madera, que se llaman *contactos*. En el centro del disco hay fija una lámina ó resorte de cobre, que puede

hacerse girar por medio del mango *P*, en que termina, para que el otro extremo apoye en uno de los contactos *a b c*. Poniendo en comunicacion los tornillos *A B C* con un número distinto de elementos de la pila, y uniendo metálicamente el centro de la lámina *l* con el tornillo *D*, en que se sujeta el alambre que ha de trasmitir la corriente, se concibe que bastará hacer apoyar el resorte *l* en el contacto que esté en relacion con el número de elementos que se desee introducir en el circúito, para que lo recorra una corriente de la intensidad necesaria.

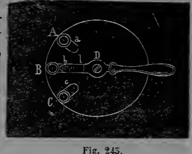


Fig. 245.

Conductores telegráficos.

Despues de explicar el generador eléctrico, siguiendo el órden que nos hemos propuesto, de empezar por lo mas esencial, creemos deber pasar á dar una idea de los medios de trasmitir la corriente de una estacion á otra, antes de describir los demás aparatos, que podemos llamar órganos telegráficos.

Ya indicamos en el capítulo VI que los experimentos iniciados por Watson, sobre el poder de trasmision de la tierra, determinaron á Steinheil en 1838 á suprimir el alambre de vuelta en el circúito telegráfico, es decir, la mitad de la longitud, y hacer entrar la tierra como conductor de la corriente, para lo cual es menester que en cada estacion haya una gran plancha metálica enterrada ó sumergida en un pozo lleno de agua, con la que se pone en comunicacion el polo negativo de la pila en la estacion que trasmite.

Los conductores en los ferro-carriles son alambres de tres á cuatro milímetros de diámetro, de hierro cubierto con una ligera capa de zinc, que se llama *galvanizado,* sin duda por el

procedimiento que suele emplearse para aplicar un metal sobre otro, aunque tambien se obtiene el mismo resultado sumergiendo el alambre de hierro en un baño de zinc fundido; lo cierto es que en vez de oxidarse rápidamente, como sucederia si fuera de hierro solo, permanece siempre lo mismo; porque la ligera capa de óxido de zinc que se forma en la superficie, al revés de lo que sucede con el óxido de hierro, impide la accion oxidante del aire atmosférico sobre el metal.

Los alambres que sirven de conductores en los telégrafos de los caminos de hierro están siempre suspendidos al aire libre, nunca enterrados, y se fijan al lado de la via, á unos 2 metros de las barras-carriles, en postes colocados casi siempre á 50 metros unos de otros. Estos postes suelen ser de tres clases: 1.ª *Postes comunes de suspension*, de madera de pino, de 6 metros de longitud, 120 milímetros de diámetro, tomado á 1 metro de la base, y 80 milímetros en la parte superior; estos postes, que han de estar impregnados con 500 gramas de sulfato de cobre por el sistema del Doctor Boucherie, se entierran hasta 1 m,50 de su altura, y se emplean en toda la extension de la línea, mientras no haya algun paso de nivel, cruzamiento ú otro obstáculo cualquiera.

2.ª *Postes de suspension para tensores*, de 6 m de longitud tambien, pero de 180 milímetros de diámetro, tomado á 1 metro de la base, y de 150 milímetros en la parte superior; como los comunes, han de tener debajo de tierra 1 m,50, y se preparan con 750 gramos de sulfato de cobre; se colocan de kilómetro en kilómetro para fijar en ellos los aparatos de traccion de que hablarémos despues.

3.ª *Postes para elevar los alambres conductores en los pasos de nivel* y demás puntos donde hay obstáculos que evitar; tienen 9m,50 de longitud, 200 milímetros de diámetro, tomado á 2m de la base, y 80 en la parte superior; han de tener 2m enterrados, y necesitan hallarse preparados con un kilógramo de sulfato de cobre, segun el procedimiento ya citado del Dr. Boucherie.

No basta algunas veces enterrar los postes dos metros para que resistan á la tension de los alambres, sobre todo en las curvas; entonces es necesario sujetarlos además con unas contrapuntas ó con alambres fijos en estacas.

Aunque la madera es un conductor muy imperfecto, y la electricidad elige siempre para propagarse el cuerpo que presenta menos resistencia á la trasmision, es preciso tomar precauciones para fijar los alambres en los postes, porque cuando se humedecen por la lluvia, las pérdidas del flúido son bastante sensibles, y multiplicadas por el gran número de postes que hay entre dos estaciones distantes, llegan á debilitar la corriente hasta el punto de hacer que no funcionen los aparatos telegráficos. Hay un medio de evitar esto, y es fijar los alambres á los postes por medio de *aisladores* de porcelana, de vidrio ó de cualquier otra sustancia poco conductora de la electricidad.

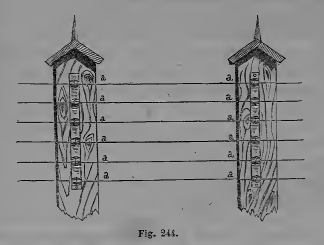


Fig. 244.

Los postes comunes de Inglaterra están representados en la figura 244. En una tabla separada del poste por discos de porcelana ordinaria, y sujeta á él con pernios que atraviesan la tabla, los discos y el poste, se fijan los aisladores *a a a*, que consisten en dos conos truncados, unidos por la base mayor,

en la cual hay una canaladura que permite asegurarlos á la tabla por medio de un anillo metálico; este doble cono se halla atravesado por un agujero, al través del cual pasa el alambre sin tocar á ningun cuerpo conductor, y pueden ponerse tantos aisladores como se quieran, unos debajo de otros, y en la parte opuesta del poste. Tambien se usan los de la figura 245.

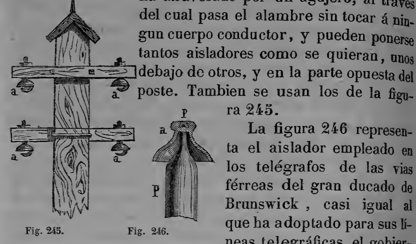


Fig. 245. Fig. 246.

La figura 246 representa el aislador empleado en los telégrafos de las vias férreas del gran ducado de Brunswick, casi igual al que ha adoptado para sus líneas telegráficas el gobierno español; es una especie de campana chata, colocada boca-abajo, con la cúspide algo redondeada y con una muesca prismática mas ancha por abajo que por arriba, en la cual entra una pieza *p*, que sujeta el alambre perfectamente, y permite al mismo tiempo que pueda soltarse de un solo poste sin tocar á los demás, cosa que no sucede en los ingleses.

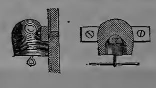
En los Estados-Unidos es muy variada la forma de los aisladores; además de los que se emplean en el telégrafo de House (1), muy semejante á los alemanes de la figura 246, hay adoptados el de la figura 247 y el de la figura 248. Este último se reduce á dos prismas de porcelana con una cavidad semicilíndrica, que reuniéndose como lo representa la fi-


Fig. 247. Fig. 248.

(1) El telégrafo conocido en los Estados-Unidos con este nombre es el telégrafo tipográfico de Brett.

gura, y encajados en un zoquete de madera, dejan el alambre rodeado por todas partes de una sustancia poco conductora de la electricidad.

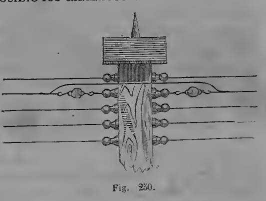
Los aisladores comunes franceses que se han adoptado en los caminos de hierro de España son los de la figura 249. Consisten en una especie de campana ó jícara de porcelana con dos orejas perforadas para fijarlo al poste. En la parte interior de la campana se asegura con azufre un gancho de hierro enroscado en espiral, donde se sujeta el alambre conductor.


Fig. 249.

En una línea telegráfica, montada con urgencia en pocos dias desde Madrid al Escorial por D. Meliton Martin, no pudiendo disponer de los aisladores comunes, se valió con buen éxito de unos simples ganchos de alambre, que daban dos vueltas en espiral, cubiertos con una capa de guta-percha y clavados en los postes. Algun tiempo despues los hemos visto en Paris presentados como una novedad francesa.

Hemos dicho que de kilómetro en kilómetro se colocan postes algo mas fuertes, con *aparatos de traccion ó tensores,* cuyo objeto, como lo indica su nombre, es mantener tendidos y con el menor pandeo posible los alambres conductores.

En Inglaterra los postes están atravesados por tantos tornillos de hierro como alambres hay en la línea; en cada tornillo hay un aparato de atraccion (fig. 250), compuesto de un tambor ó torno con su rueda de escape y fiador; los extremos del tensor están aislados del poste por medio de discos de porcela-


Fig. 250.

na, y los alambres vienen á unirse á cada uno de ellos separadamente, de suerte que para continuar el circúito se suelda un alambre secundario *a a* al principal, por ambos lados del poste. El apéndice que se ve en la figura, á derecha y á izquierda de los tensores, es una especie de polea de loza con dos ganchos, sujeto el uno al rededor de la corona y fijo el otro en el centro, de modo que están aislados entre sí, y el poste extensor queda fuera del circúito, que, como se ha dicho antes, se completa por el alambre secundario.

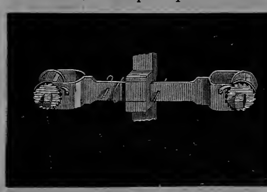


Fig. 251.

La figura 251 representa el aparato de traccion usado generalmente en Francia. Consiste, como el inglés, en un tambor ó torno con su rueda de escape, sujeto entre dos barras ó planchas metálicas, en el cual se envuelve el extremo del alambre que se quiere tender. El modo de fijar el aparato de traccion á los postes varia, segun sea en un extremo de línea ó para continuar esta. En el segundo caso el tensor, que es doble, entra en una pieza de porcelana (figura 252), que se asegura al poste con dos tornillos; en las cabeceras de línea el aparato extensor es la mitad del otro, y termina por una argolla que se asegura al rededor de una polea ó disco de porcelana; este tiene en su centro un agujero para el torni-

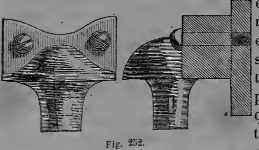


Fig. 252.

llo, que lo ha de fijar en el poste ó en la pared (figura 253). Otras veces se emplea solo dicha polea para sujetar el alambre en el extremo de la línea, envolviéndolo directamente en la ranura abierta al rededor de la corona. Dicha polea sirve tambien para sostener el alambre cuando se atraviesa una pared ó se corre á lo largo de la de un edificio; si es la de un túnel ú otro sitio húmedo, conviene forrarlo de guta-percha, aunque algunos sostienen que es mucho mejor seguir empleando el sistema que se conocia antes de aplicar la guta-percha, y consistia en envolver el alambre con algodon empapado de alquitran, y cubrirlo todo con un tubo de plomo.

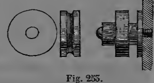


Fig. 253.

En los pasos de nivel, cruzamientos de dos líneas y demás puntos semejantes, la suspension de los alambres conductores se hace de la misma manera que en los postes comunes; solo hay que cuidar de que quede bastante elevado para que ningun objeto de los que suelen pasar por debajo pueda tropezar en ellos.

Aparatos telegráficos.

Además de la *pila* y de su *regulador*, las estaciones telegráficas tienen, para corresponder unas con otras, los aparatos siguientes: un *manipulador*, con el cual se trasmiten los partes; un *receptor* para recibirlos, dos *despertadores* ó avisadores de campana, para recibir avisos de la estacion que precede y de la que sigue, un *comunicador* para advertir al jefe de una estacion que la comunicacion directa que se le habia pedido puede interrumpirse, y que debe ponerse en estado de corresponder con las estaciones vecinas; un *inversor* para cambiar la direccion de la corriente que se hace circular por la línea, y poner en accion los comunicadores de las estaciones adonde se ha pedido la comunicacion directa; dos brújulas

para conocer la intensidad de las corrientes que circulan, ya en una direccion, ya en otra, entre los aparatos de la misma estacion y los de las dos inmediatas; por último, dos *pararayos* para preservarse de las tempestades imprevistas.

Casi todos estos aparatos los conocemos ya; algunos los hemos descrito con bastantes pormenores, y no hay uno solo cuya disposicion no pueda cambiarse mas ó menos ventajosamente; así es que no harémos mas que dar una ligera idea de ellos, recordando la parte de la obra en que los describimos con mas detenimiento.

El manipulador empleado en los telégrafos de las vias férreas francesas y españolas es el descrito en el capítulo VIII, pág. 487, tomo primero, ó sea el de Wheatstone, modificado por Breguet (figura 176). Nada podriamos añadir á lo dicho en el pasaje citado, y á él nos referimos completamente, recordando solo que al dar vueltas con la mano al manubrio *a b* hay que hacerlo siempre en el mismo sentido, y detenerse un momento sobre la letra ó número que se quiera indicar.

En Alemania se usa en los caminos de hierro el telégrafo de Siemens (figuras 179 y 180), descrito en el tomo primero, pág. 492, y en Inglaterra el de una aguja de Wheatstone (figuras 170 y 171), explicado en la pág. 474, y como sabemos, uno y otro tienen el manipulador invariablemente unido al receptor.

El receptor de Breguet, empleado en los caminos de hierro franceses, lo conocemos tambien; en la pág. 488 explicamos su mecanismo y la manera de señalar ó acusar las señales trasmitidas; pero nos falta dar algunos pormenores sobre él.

Los dos tornillos *S S* (figura 178) que hay en el zócalo sirven para sujetar los alambres que trasmiten la corriente y la hacen pasar por el aparato.

El receptor se regula por medio de una esfera ó muestra pequeña *a* (figura 177), que contiene cincuenta divisiones, y en el centro la llave con que se maneja. Esta operacion es in-

dispensable por las variaciones que sufre la intensidad de la corriente; variaciones que dependen de una multitud de causas, que hemos indicado mas de una vez, y que por consiguiente es inútil repetir. Se conoce que la corriente es demasiado débil ó enérgica, en que la aguja marcha con irregularidad deteniéndose mas en unas letras que en otras, á pesar de que el que da vueltas en el manipulador de la otra estacion lo hace con regularidad. Si la aguja se detiene mas en las letras que ocupan un lugar impar, es señal de que el resorte *antagonista* que separa la armadura de los electro-imanes no tiene la tension necesaria; y por el contrario, si la aguja se detiene mas sobre las letras pares, es prueba de que el resorte está demasiado tendido y la fuerza magnética de los electro-imanes no basta para vencer la resistencia que se opone á la atraccion de la armadura. En el primer caso, la tension del resorte se aumenta con solo dar vueltas á la llave de izquierda á derecha; y en el segundo se afloja, dando las vueltas de derecha á izquierda.

Cuando la aguja del receptor permanece sobre la cruz sin moverse, á pesar de que el telegrafista de la otra estacion da vueltas al manipulador, lo cual se conoce porque la brújula acusa el paso de la corriente, es prueba de que el resorte está demasiado tendido, en cuyo caso no hay mas que aflojarlo de la manera que hemos indicado.

En la parte superior de la caja del receptor, y hácia el centro, hay una piececita *b*, que sirve para hacer que la aguja vuelva á la cruz; esto se consigue con solo empujarla con el dedo hácia abajo siempre que sea necesario; es decir, siempre que se adelanta ó se retrasa, y marca otros signos que los que debe.

Avisador, repique ó despertador. — Este aparato, que describimos en la pág. 433 (figura 167), y que por consiguiente basta mencionar aquí, es uno de los mas importantes en una estacion telegráfica, aunque no absolutamente necesario, porque si bien no interviene para nada en la trasmision de una

comunicacion telegráfica, sirve para llamar la atencion del empleado, que sabe así cuando quieren hablarle desde otra estacion, aunque se haya separado de su puesto ó sucumbido al sueño; se ponen generalmente en cada estacion tantos avisadores como alambres vienen á parar á sus aparatos receptores, es decir, dos por cada uno de estos.

Debemos aquí mencionar, aunque no lo describamos, un aparato avisador ideado por M. Regnault, de quien tendrémos ocasion de hablar despues, que tiene por objeto corresponder con varias líneas y recibir aviso de todas ellas sin mas que una sola campanilla ó repique. Este aparato, que su autor llama *relevo múltiple*, comunica con las diferentes líneas que concurren á la estacion en que se halla, y además está en relacion con una pila local y un avisador ó repique ordinario. Si de un punto cualquiera hacen una señal á dicha estacion, el relevo múltiple cierra el circúito en que se hallan la *pila local* y el repique, y este se pone en movimiento inmediatamente.

La misma corriente que pone en movimiento la agúja ó punzon del receptor de un telégrafo, sirve para hacer sonar la campanilla del avisador; teniendo la precaucion, siempre que se acabe de comunicar con una estacion, de hacer pasar la corriente por el aparato avisador, desviándola del receptor, y haciendo la operacion contraria cuando ya dispuesto á recibir la órden, se quiera que empiece á trabajar el telégrafo. De esta manera, un solo empleado puede cuidar de varias líneas y servirlas todas con el mismo receptor.

Comunicador. —Cuando el jefe de una estacion quiere corresponder con otra que no está inmediata á la suya, tiene que prevenir á todas las intermedias que desea la comunicacion directa. Antes era preciso indicar el tiempo que habia de durar esta comunicacion, y si por casualidad se tardaba algo mas, corria peligro de que se la interrumpieran, á menos que pidiese la próroga de tiempo de estacion en estacion, y es fácil hacerse cargo de la multitud de errores á que esto daba

lugar, y de los retrasos que ocasionaba semejante sistema; el comunicador evita hoy dia todos esos inconvenientes.

Se compone de cuatro electro-imanes colocados sobre una plancheta, por los cuales se hace pasar la corriente cuando se quiere.

Entre los cuatro electro-imanes hay una pieza de hierro dulce, apoyada en dos tornillos, que se mantienen entre dos columnas de cobre, reunidas por una traviesa. Cuando la corriente pasa por los electro-imanes, estos atraen alternativamente la pieza de hierro de izquierda á derecha, y el escape del despertador queda en libertad. Cuando se cambia la corriente, el avisador deja de sonar, y la pieza de hierro vuelve á tomar la posicion vertical por la accion de un contrapeso.

Cuando se halla establecida la comunicacion directa entre dos estaciones distantes, el jefe que la ha pedido tiene cuidado, en el momento en que no la necesita ya, de advertírselo á las estaciones intermedias. Para esto invierte la corriente por medio de un aparato que vamos á explicar, la hace pasar al comunicador de cada estacion, y este, al ponerse en movimiento, deja libre el martillo del avisador y produce la señal que se necesita.

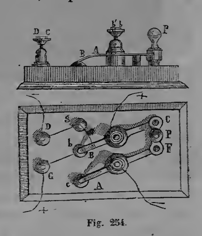


Fig. 254.

Inversor. — Este es el aparato de que acabamos de hacer mencion, indicando el objeto para que sirve. En cuanto á su descripcion, ya la hicimos en el capítulo v, pág. 304. Basta, por lo tanto, recordar que empujando al mango *P* (figura 254) á derecha ó izquierda, se cambia la direccion de la corriente marcada con los signos positivo y negativo, que serian al contrario de como los representa la figura si los

resortes *A B* tocaran los contactos *b g*, en vez de tocar los *b c*.

Brújula. — Se da impropiamente el nombre de brújula al aparato representado en la figura 255, que no es en realidad sino un multiplicador de Schweiger para verificar la intensidad de las corrientes que recorren los alambres conductores, ó mas comunmente sirve en las estaciones telegráficas para saber si la corriente pasa ó no por el alambre, en cuyo circúito se halla establecida; por eso hemos dicho que se emplean dos en cada estacion intermedia de la línea, que corresponden á cada una de las inmediatas.

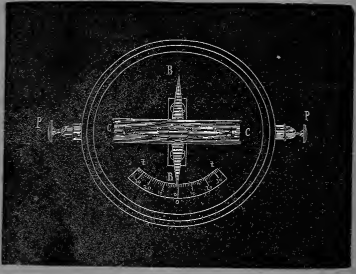


Fig. 255.

En la figura 255 *C C* es un marco ó bastidor pequeño, al rededor del cual hay envuelto un alambre de cobre cubierto de seda, que da 50 ó 60 vueltas; en una palabra, es el verdadero multiplicador; *A A* es la aguja imantada, apoyada en el interior del marco sobre una punta de acero, y *B B* es una aguja de cobre que forma ángulo recto con la primera, y cuya punta indica los grados de desviacion en un arco metálico graduado desde 0° á 40°, del cual la impiden salir dos topes *t t*. Los dos extremos del alambre que forma el multipli-

cador vienen á parar á los tornillos *P P*, por medio de los cuales se introduce la brújula en el circúito recorrido por la corriente que va de una estacion á otra. Ya sabemos el modo de usar este aparato: cuando la corriente eléctrica no pasa por él, la aguja de acero, bien nivelada y orientada, debe quedar exactamente debajo del multiplicador, en cuyo caso la aguja de cobre marca el 0° del arco graduado; pero en el momento en que funcionan los aparatos, la aguja se mueve, y la desviacion será tanto mas grande, cuanto mayor sea la intensidad de la corriente. En la mayor parte de las líneas telegráficas la brújula se intercala en un punto cualquiera del circúito, pero cerca de los aparatos y á la vista del empleado. Ultimamente ha empezado á adoptarse el sistema de M. Mouilleron, que la coloca con el para-rayos, y forman, por decirlo así, una sola pieza.

Para-rayos. —Hemos descrito ya (pág. 541) los diferentes aparatos que con este nombre se usan en la telegrafía para evitar que la electricidad atmosférica destruya los demás de una estacion y dañe á los empleados. El de Breguet (figura 196), usado generalmente en los caminos de hierro de Francia y España, ha sido de gran utilidad, á pesar de lo que contra él se ha dicho en un periódico de telegrafía casi oficial; sin embargo, para grandes tempestades no debe ser bastante eficaz.

Se tiene además la precaucion de no hacer entrar nunca alambres gruesos en el interior de las estaciones, porque cuando llegan á tener tres ó cuatro milímetros de diámetro, las chispas pueden partir á gran distancia y causar daño; deben pues interrumpirse los alambres conductores en la parte exterior, á uno ó dos metros de las paredes, y comunicarlos con los aparatos telegráficos por medio de alambres delgados.

Descritos ó recordados ya los diferentes aparatos que entran en la composicion de una estacion telegráfica, y cuyo

número varia segun su importancia, es decir, segun el número de estaciones que pueden corresponder con ella, pasemos á dar una idea de la manera como se distribuye la corriente eléctrica, cuando ya ordenados convenientemente, se cierra el circúito por medio del manipulador. Para ello nos valdrémos de la figura 256, que con la descripcion que si-

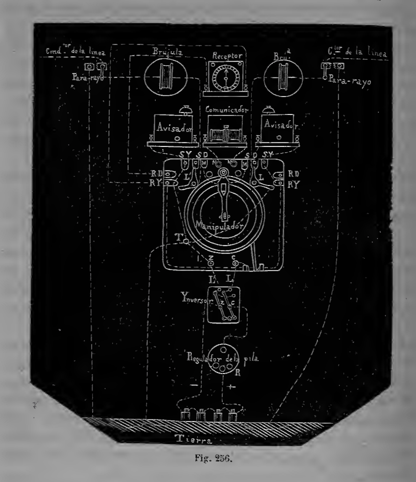


Fig. 256.

gue, tomamos del *Bulletin de la Societé d'Encouragement*, y representa la disposicion que suele darse á los aparatos en una estacion intermedia: las de cabecera, como se comprende,

no necesitan mas que un aparato avisador ó repique, una brújula y un para-rayos.

De los veinte y ocho elementos de la pila, solo catorce hemos dicho que se emplean en los casos ordinarios, y quedan los otros catorce de reserva, por si la corriente se debilita, ya sea por efecto de una descomposicion, ya por el estado higrométrico de la atmósfera. Los polos positivos ó cobres de los últimos elementos de cada una de las partes en que se divide la pila, se ponen en contacto con los tornillos correspondientes del *regulador R*, que como se sabe, están aislados, y se pone en comunicacion uno de estos con el resto de los aparatos, segun el número de elementos que conviene hacer entrar en el circúito.

La corriente se distribuye despues por medio del *manipulador* á los demás aparatos, pasando antes por el *inversor*, á cuyos centros *C Z* van á parar el alambre positivo ó cobre que pasa por el regulador, y el reóforo negativo que sale directamente del polo zinc de la pila. De los dos tornillos *L* y *L'* pasa la corriente á los *C Z* del manipulador. Comunica el *Z* por *T* con la tierra, y el *C* con el conductor de la línea, siempre que se cierre el circúito; pero atravesando antes la *brújula* y el *para-rayos;* del conductor de la línea pasa al *receptor* de la otra estacion, y entra despues en la *tierra*, para venir al través de esta á cerrar el circúito por el tornillo *T* del *manipulador*, y el *L'* del inversor en el polo zinc de la pila.

Hemos seguido la corriente en su marcha, cuando es la estacion representada en la figura la que trasmite; pero si recibe, la corriente viene por el *conductor de la línea*, pasa por el *para-rayos*, y la *brújula* entra en el *manipulador* por la lengüeta ó resorte *L*, que se llama *conmutador de la línea*, y si este se halla sobre *R D*, atraviesa el receptor, viene por *R Y* al punto *T*; y de aquí á la tierra, para cerrar el circúito; entonces como es natural, se producen los signos en el receptor por efecto del manipulador de la otra estacion. Pero si en lugar

de hallarse la lengüeta L sobre $R D$, se encuentra sobre $S D$, entonces el aparato que entra en el circúito no es el receptor, sino el avisador ó repique, y la corriente, despues de haberlo atravesado, viene por $S Y$ y $R Y$ al punto T, de donde pasa á la tierra como antes, produciendo por lo tanto una señal con la campanilla, en vez de hacerla con la aguja del receptor. En el mismo caso se halla el comunicador cuando la lengüeta L y la L' se hallan sobre los contactos $N N'$, es decir, cuando se quiere establecer la comunicacion directa entre las dos estaciones vecinas, sin que intervenga el receptor de la que representa la figura.

Modo de manejar los aparatos. — Conocida la marcha de la corriente por los aparatos que constituyen la seccion telegráfica, es conveniente indicar las precauciones que deben tomarse para trasmitir ó recibir un parte.

En primer lugar, cuando ninguna de las dos estaciones habla, es decir, cuando los aparatos se hallan en reposo, las dos lengüetas ó resortes L de cada manipulador deben apoyarse sobre los contactos S y S', para que en el momento en que uno de los puestos telegráficos dirija su corriente al otro, el avisador de este haga oir el repique de *atencion*. La aguja del receptor y la llave del manipulador deben hallarse á su vez sobre la cruz del círculo en que están las letras.

Lo primero que hay que hacer es ver si todos los alambres que parten del manipulador están en regla, es decir, en contacto perfecto, para lo cual se tocarán todos los tornillos y se apretarán los que se hubiesen aflojado.

Hecho esto, para trasmitir un parte se empieza por cambiar la posicion del resorte L, haciéndolo apoyar sobre el contacto E, despues se da una vuelta con el manubrio del manipulador, y como la lengüeta L del otro opuesto debe hallarse sobre el contacto S, correspondiente al avisador, la campanilla sonará y el telegrafista queda avisado; inmediatamente coloca el resorte L sobre el contacto E, y queda así el receptor en el circúito; el parte se trasmite letra

por letra, con una velocidad que varia desde veinte á sesenta y aun cien letras por minuto, segun la destreza de los que trasmiten y leen; pero Breguet mismo aconseja que no debe pasar de cuarenta, para evitar equivocaciones y repeticiones; de todos modos, conviene detenerse un momento sobre la cruz despues de cada palabra, y cuando ha terminado enteramente el despacho, se indica dando dos vueltas enteras con la llave del manipulador, y deteniéndose en la *Z* antes de colocarla en la cruz. Cuando ambos terminan, se vuelven á poner las lengüetas *L L′* en comunicacion con los contactos *S* y *S′*, correspondientes á los avisadores.

Cuando se trasmite un parte, es preciso dar vueltas á la llave del manipulador con mucha regularidad y detenerse un instante en la letra que se quiere indicar. Si por descuido ó precipitacion se pasase dicha letra, hay que continuar dando vueltas en la misma direccion hasta volver á ella, porque de lo contrario, la aguja del receptor en la estacion que recibe, continuaria marchando hácia el mismo lado y la señal trasmitida no seria la que indicaba el manipulador; en este caso el telegrafista que lo nota tiene que interrumpir la comunicacion y hacerla repetir, despues de haber arreglado los aparatos por medio de la piececita que dimos á conocer (pág. 155) al hablar del receptor. Lo mismo se hace para el caso en que las señales se hagan ininteligibles durante la trasmision, pero antes el que recibe da una vuelta á la llave del manipulador para hacer una señal en el receptor del que trasmitia, y á esto se llama *cortar el parte ó el despacho*. Es pues necesario que el empleado que trasmite, fije de tiempo en tiempo los ojos en el receptor, para asegurarse de que no le han interrumpido, sin lo cual trasmitiria inútilmente todo el parte.

Cuanto acabamos de decir se refiere por supuesto á los telégrafos de Breguet, empleados comunmente en los caminos de hierro; pues como vimos en el capítulo VIII (pág. 500), se han inventado ya los medios de poder volver hácia atrás con

el manubrio del manipulador sin alterar la concordancia que debe existir entre ambos aparatos.

Si por equivocacion se dejase, al terminar un parte, el conmutador de la línea *L* apoyado contra la madera, ó sobre uno cualquiera de los otros dos contactos, que no fuese el del avisador, la corriente quedaria cortada, ó pasaria por otra parte, sin producir señal de aviso.

Si al dar una vuelta con la llave del manipulador para responder á un aviso se dejase equivocadamente sobre las letras *A* ó *Z*, en vez de dejarla sobre la cruz, se estableceria la comunicacion entre la palanca *H* y la pila, y la corriente, al pasar por el conductor de la línea, vendria á obrar sobre el receptor de la estacion con quien se corresponde cada vez que en esta última se hiciera pasar el manubrio por una letra ó guarismo par, y se neutralizaria la corriente enviada cada vez que pasase por letras ó guarismos impares; seria pues imposible comunicarse, y habria que esperar á que el telegrafista notase la falta por la carencia de señales y por las oscilaciones sucesivas de la brújula.

Cuando no se recibe contestacion á la señal que se hace para entablar la correspondencia, se espera algunos momentos, y como el silencio puede provenir de alguna descomposicion en el conmutador de línea ó resorte *L*, y ser notado por el telegrafista de un momento á otro, se repite la operacion. Al mismo tiempo se examina el estado de la pila y de los aparatos de la estacion, y se reconoce si hay algo descompuesto, uniendo el conductor de la línea con la tierra por medio de un alambre adicional. Si la brújula oscila, es una prueba de que los aparatos están en buen estado, y la descomposicion proviene de alguna parte de la línea ó de la estacion con la cual se quiere comunicar. En el caso contrario, la descomposicion se halla en el punto mismo, y hay que tratar de remediarla inmediatamente.

Podria suceder tambien, que roto un alambre de los de la línea, viniese el extremo á tocar en la tierra; en ese caso la

brújula oscilaria, y podria creerse que todo estaba en regla, pero se adquiriria fácilmente la certidumbre de lo contrario, observando que las desviaciones de la aguja son mayores que en el estado normal, porque el circúito es mas corto, y por consiguiente mas enérgica la corriente que lo recorre.

Las nubes cargadas de electricidad pueden producir en los alambres conductores corrientes capaces de hacer sonar los aparatos avisadores; cuando esto suceda, y convencido ya el telegrafista de que la señal no ha sido dada por otra estacion, deberá tratar de preservar los aparatos y evitar la accion de la corriente, colocando los conmutadores de línea, durante la tempestad, en comunicacion directa con los contactos *S Y* y *S' Y'*, que lo están con el tornillo *T* y la tierra; de ese modo la electricidad atmosférica pasa de los alambres de la línea á la tierra, sin atravesar por los aparatos, y por consiguiente sin peligro de deteriorarlos.

Cuando el jefe de una estacion telegráfica quiere pedir la comunicacion directa, debe advertir á la estacion siguiente con una vuelta del manubrio, seguida del nombre de la estacion con que quiere comunicar; el telegrafista advertido responde con las letras *C O*, las dos *Z* y la cruz, para indicar que ha comprendido, y coloca sus conmutadores de línea sobre los contactos *N N'*, que son los de la comunicacion directa. Hecho esto, se va avisando de la misma manera á las demás estaciones hasta que se llega á la marcada.

Terminada la trasmision de los partes directos, el jefe del puesto cambia la direccion de la corriente por medio de su inversor, suenan las campanillas ó repiques de los aparatos avisadores de todas las estaciones, y quedan estas advertidas de que pueden reanudar la correspondencia que tenian entre sí.

Servicios que presta el telégrafo eléctrico á los caminos de hierro.

Querer enumerar las ventajas que han resultado de la aplicacion del telégrafo eléctrico á los ferro-carriles, seria em-

presa tan árdua como inútil, porque basta hacerse cargo de la manera como trabaja el primero, y de la multitud de precauciones que necesitan tomar en los segundos un gran número de empleados en una distancia considerable, para convencerse de que sin la telegrafía eléctrica los caminos de hierro estarian en la infancia, ó cuando menos, su desarrollo se hubiera limitado á una fraccion muy pequeña del que ha llegado á tomar en el dia; así es que, si la telegrafía eléctrica debe en parte su existencia á las vias férreas, porque sin ellas no hubiera sido posible establecer con seguridad los conductores de una estacion á otra, sin el telégrafo eléctrico no serian los caminos de hierro una sombra de lo que son en el dia; y con su auxilio esperamos verlos llegar á un grado de perfeccion de que apenas puede formarse idea.

En los tres meses de agosto á octubre de 1848 pasaron por la estacion de Tonbridge, en Inglaterra, mas de 4,000 partes telegráficos, que Walker, en su *Manual de telegrafía*, clasifica de la manera siguiente:

	1468	para el aviso de trenes ordinarios.
	428	id. de id. especiales.
	795	sobre carruajes y utensilios.
	607	acerca de los empleados del camino.
	150	concernientes á máquinas.
	162	sobre asuntos varios.
Y	499	de tránsito para otras estaciones.

Ahora bien, sin entrar en el exámen de cada uno de estos artículos, se concibe la seguridad y economía que debió encontrar la empresa en la trasmision de estos partes, y Walker, en la citada obra, la pone de manifiesto; nos harémos cargo de algunas de sus reflexiones, generalizadas ya hoy en todo el mundo.

La economía que produce el telégrafo eléctrico en un camino de hierro es innegable, porque lo es tambien que se hace el mismo trabajo con mucho menos material móvil. En una administracion bien entendida, que tiene á su

disposicion el telégrafo, puede decirse que todos los empleados están siempre á las inmediatas órdenes del director; las oficinas y dependencias, como si se hallaran en un mismo edificio, y todo el material á la mano; se gastará, por lo tanto, mucho menos trabajo en recorrer inútilmente la línea, de lo que sucederia si se hiciese todo por un reglamento ú órden (que solo puede prever los casos ordinarios), y no fuera posible esperar ocasiones para ejecutar lo imprevisto. A cada momento necesitan las estaciones carruajes ú otros objetos, que pueden procurarles otras estaciones inmediatas, advertidas por el telégrafo; pero sobre todo, la economía mas importante es la de poder reducir el número de máquinas, y por consiguiente de conductores, cuyos gastos son infinitamente superiores á los de toda una seccion telegráfica.

Los trenes especiales dejarian de merecer este nombre si no fuera por el telégrafo, ó mejor dicho, no podrian existir sin él; porque considerándose indispensable que un tren tenga por delante la via libre, seria imposible mandar uno que no estuviese marcado en la órden del dia, sin exponerlo á que encontrara obstruido el paso en las estaciones y en la línea, y su marcha, además de peligrosa, seria infinitamente mas lenta.

Pero esto no sucederia solo con los trenes especiales, sino con los ordinarios, porque no podrian marchar con gran velocidad sin el riesgo de encontrar detenido el tren anterior, cuya llegada á la estacion se daria por supuesta solo por haber pasado las horas fijadas en la órden del dia. Esta incertidumbre no existe hoy, pues la llegada y salida de los trenes se avisa con puntualidad á las estaciones inmediatas y á las de cabecera de línea.

Si en las líneas férreas de doble via habria los inconvenientes que hemos mencionado, las de una sola son absolutamente imposibles sin el telégrafo eléctrico, porque los viajeros estarian continuamente expuestos á peligros inminentes.

No sabemos cuál fué el primer camino de hierro en que se

estableció un sistema de telegrafía eléctrica para perfeccionar el servicio; pues aunque Wheatstone ejecutó su primer ensayo en el de Lóndres á Liverpool, no sabemos si fué en el de Lóndres á Birmingham donde se aplicó realmente, como lo asegura M. Quetelet.

Sistema telegráfico de Cooke.

Mr. Cooke, el asociado de Wheatstone, publicó poco despues de los primeros ensayos del telégrafo en Inglaterra, una obra titulada: *Las vias férreas telegráficas, ó las líneas de camino de hierro de una sola via, recomendadas por la seguridad, la economía y el mayor tráfico que puede dárseles con el telégrafo eléctrico.*

El sistema de Cooke consiste en dividir toda la línea del ferro-carril en secciones, y colocar en cada una de las estaciones en que se subdividan aquellas un aparato telegráfico de Wheatstone, con tantas agujas como estaciones haya en la seccion á que pertenece. Las estaciones que formen el extremo de cada seccion tienen dos aparatos, uno en relacion con las de la derecha, y otro con las de la izquierda. Todas las agujas que llevan el mismo nombre en la línea están unidas entre sí por un alambre, y deben desviarse en el mismo sentido, y tienen además cada una un conmutador, por cuyo medio se puede obrar sobre el circúito de la seccion que corresponde á la estacion con la cual se quiere hablar.

Para explicar su sistema con un ejemplo, ha tomado Cooke, y lo copian Moigno y Du Moncel en sus respectivas obras, el camino de hierro de Midland Counties; nosotros los seguirémos tambien, como el mejor medio de no apartarnos de la idea del autor.

Se divide el camino en tres secciones: 1.ª la del Norte, que comprende cinco estaciones, á saber: Derby, Borrowash, Sawley, Kegworth y Longborough; 2.ª seccion, del Centro, con las tres estaciones siguientes: Sileby, Syston y

Leicester; la 3.ª seccion, llamada del Sur, con cinco estaciones: Wigston, Broughton, Ullestrope, Siding y Rugby.

Si uno de los guardas de la estacion de Longborough, por ejemplo, tiene necesidad de corresponder con el de Leicester, no emplea sino su propia aguja y la de Leicester. Para eso empieza por hacer sonar la campanilla del aparato avisador, y despues, al mismo tiempo que da una señal, anuncia de dónde parte. Hecho esto, los dos empleados corresponden entre sí por medio de sus dos agujas como pudieran hacerlo con un simple telégrafo, es decir, que se trasmiten cualquier parte. Teniendo las estaciones extremas dos aparatos, uno en relacion con cada seccion, se comprende que una noticia puede recorrer toda la línea.

Veamos ahora, dice el inventor, cómo, despues de instalados los aparatos telegráficos, podrá dirigirse la marcha de los trenes; sigamos en la suya un *extra-tren*, un tren inesperado, no comprendido en el servicio diario del camino, que vaya de Derby á Rugby, es decir, de un extremo á otro de la línea que abrazan las tres secciones. Algunos minutos antes de que el tren se aleje de Derby, el vigilante hace sonar el aparato avisador ó de alarma de Borrowash; vuelve despues hácia la izquierda el manubrio correspondiente á Derby; con lo cual desvia en esta direccion todas las agujas que llevan en la seccion el nombre de *Derby*, y hace conocer así á los vigilantes de las demás estaciones que un tren está á punto de partir, y que espera solo que la via se halle libre. Si lo está, el guarda de Borrowash, dando vuelta al manubrio de la aguja que lleva su nombre, hace desviar las demás correspondientes, y esto, como se ve, es cosa de un instante. Cuando todo está pronto, el vigilante da la órden de marcha, y tan luego como el tren se pone en movimiento coloca su aguja en la posicion vertical; todas las demás de la seccion correspondiente á Derby toman la misma posicion, indicando así que un tren que ha salido de Derby se encuentra entre este punto y Borrowash.

Por este aviso, que se recibe en todas las estaciones de la seccion, Sawley se halla en el caso de trasmitir al guarda de Borrowash la señal *Hinzug* (marchad), para que este indique al tren que se aproxima que la via está libre, y que puede proseguir su marcha. Como la distancia entre Derby y Borrowash es de cuatro millas, el tren tarda unos ocho minutos en recorrerla; espacio de tiempo muy suficiente para que en caso de negligencia de los guardas de Sawley, el de Borrowash pueda llamar su atencion, haciendo sonar el aparato avisador, preguntar si la via está libre, y recibir la respuesta antes de la llegada del tren. Bien pronto llega este, y si no debe detenerse, se da al conductor la señal ordinaria de continuar su camino. Entre tanto el guarda del telégrafo coloca su manipulador en la posicion vertical, todas las agujas correspondientes á Borrowash quedan verticales, y anuncian que el tren en marcha sale de Borrowash y se dirige á Sawley; y así se continúa mientras la via se halla libre.

Antes de que el tren llegue á la última estacion de la seccion del Norte, una señal dada en Longborough hácia Leicester anuncia á toda la seccion del centro que un tren está á punto de partir. Como Leicester recibe al mismo tiempo que Longborough la noticia de la llegada del tren, y hay un intervalo de media hora, cuando menos, entre la llegada á uno y otro punto, se comprende que habrá todo el tiempo necesario para arreglar los carruajes de mercancías que pueda haber en la via, y los vigilantes de la seccion tienen tambien tiempo de determinar el sitio en que deban cruzarse dos trenes que marchen en direccion contraria en la línea. Para proceder con regularidad en este caso, al llegar un tren á la estacion intermedia, se debe fijar en la hoja de ruta la estacion en que haya de detenerse para esperar á que el otro pase; una vez hecha la eleccion, se expide la noticia por el telégrafo, y si un accidente cualquiera retardase uno de los dos trenes, podria modificarse por el telégrafo mismo la primera órden, designando con arreglo á la hoja de ruta la nueva estacion de parada.

Supongamos que entre Sileby y Syston haya algunos carruajes de mercaderías, y que se hubiese pedido á las estaciones de la seccion permiso para dejarlos en la via, en estos términos: *Algunos wagones de mercaderías tienen que permanecer en la via entre Syleby y Syston de dos á cinco*, los guardas habrian trasmitido este parte por medio de los manubrios. El extra-tren cuya marcha seguimos viene á pedir de improviso que se le deje libre la via lo mas pronto posible, y se responde á esta exigencia, enviando á Leicester por el telégrafo el siguiente parte: *Se hará seguir á los carruajes de mercaderías la via lateral, para hacerlos entrar directamente en el apartadero, y hecho esto, se avisará que la via está libre.* En el caso en que se presentase otro obstáculo, ó que una catástrofe, por ejemplo, hubiese detenido en la via un tren cuya presencia no hubiera podido señalarse á tiempo, los demás trenes continuarán su marcha, como de costumbre, hasta las estaciones vecinas, y así que el telégrafo les hubiera mútuamente advertido su llegada, se adelantarian hasta el obstáculo mismo, para cambiar allí los viajeros y mercaderías, pudiendo continuar despues su camino.

Volvamos al extra-tren, que podemos suponer en el momento de llegar á Leicester. Antes de que entre en la seccion del Sur, se escribe en la hoja de ruta que encontrará otro tren en Broughton; los dos trenes reciben la misma órden y se adelantan uno hácia otro. Cuando el que sube se acerca á Wigston, el vigilante de esta estacion, prevenido de antemano de que la via está libre hácia Broughton, da permiso para que se adelante, y en cuanto el tren pasa, coloca el manubrio de su aparato en la posicion vertical. De la misma manera se le da al tren que baja la autorizacion de avanzar hácia Ullestrope, y los dos trenes se acercan en sentido contrario hácia Broughton, donde deben cruzarse.

Algunas palabras bastarán para explicar las señales que hacen obtener este resultado. Por lo que toca al tren extraordinario que venimos siguiendo, como en los demás casos,

en el momento en que el guarda de Broughton sabe, por la cesacion de la señal de Leicester, que el tren se hallaba entre este último punto y Wigston, da la señal de avanzar, y esta en los casos ordinarios subsiste en el aparato de Broughton, hasta que el tren se acerca á la estacion de este nombre; en el caso actual, el guarda de Broughton tiene que dar á la vez las dos señales, *Hinzug* (marchad) y *Herzug* (venid), y para eso se sirve momentáneamente de su manipulador, anunciando en las dos direcciones que la via está libre y que las agujas estarán prontas á recibir los dos trenes que deben cruzarse.

Tan pronto como el guarda de Wigston ha dado la señal *Wigston*, el guarda de Broughton la repite inmediatamente, indicando así que el tren que viene de Derby no ha llegado aun á Broughton. La señal *Herzug* (venid) se reproducirá de la misma manera en la seccion de Ullestrope. Así que los dos trenes se encuentran en las estaciones inmediatas á Broughton, las secciones de Wigston y de Ullestrope hacen saber que los trenes han llegado á ellas; envian á Broughton la señal *Halt* (parad), y los trenes, al llegar, circulan por los apartaderos que les estaban destinados respectivamente. Ahora bien, cuando el guarda de Broughton hace cesar las señales en las estaciones de las secciones de Wigston y de Ullestrope, da á entender con ello que los trenes están prontos á continuar su camino, y hace sonar inmediatamente las campanillas de los aparatos avisadores de Wigston y de Ullestrope. Repone despues los manubrios en su posicion vertical; los dos trenes se encuentran entonces en el mismo caso que si estuviesen prontos á partir de una estacion extrema, y se trasmiten á las estaciones inmediatas las señales ya descritas, de la misma manera que se ha hecho al principio del viaje.

Seria inútil seguir por mas tiempo la marcha del extratren, pues se han examinado ya todas las dificultades, y ningun obstáculo puede presentarse, que no se salve por los medios indicados.

Si por una causa cualquiera no se obtuviese respuesta de alguna estacion, se enviaria una señal á las estaciones siguientes, y despues de haber adquirido de esa manera la certidumbre de que ningun otro tren se hallaba recorriendo la via en aquel intervalo, se le permitiria que avanzase con precaucion hácia la estacion que habia permanecido muda, y el conductor, despues de haberse asegurado de la causa del silencio, avisaria por el telégrafo su llegada y su partida.

Segun la regla adoptada en todos los caminos de doble via, se hace al tren que llega la señal de continuar su camino sin obligarle á que se detenga. En los caminos de una sola via es muy necesario: 1.° que ningun tren deje la estacion sin haber recibido una órden especial y positiva; 2.° que el estado de reposo del indicador de la estacion se considere como una señal de peligro, y no de seguridad; 3.° que ningun tren se adelante por lo tanto hácia una estacion, sin que una señal particular haya indicado expresamente que todo está pronto para recibirlo; no habrá así ningun peligro que temer, aun cuando el guarda, asustado por el riesgo, haya perdido la presencia de espíritu necesaria para dar la señal de detencion. El telégrafo de muestra, provisto de números é iluminado de noche, basta para este sistema.

Con estas precauciones no hay tren que no pueda convertirse en un extra-tren cuando se quiere, con la diferencia sola de que los trenes ordinarios se cruzan y se evitan en estaciones fijas y determinadas, y siempre en las mismas; mientras que en los trenes extraordinarios y en los ordinarios retrasados, el cruzamiento se verifica en puntos que hay que indicar en la hoja de ruta para cada caso particular.

Mr. Cooke continúa manifestando la manera como deben los ingenieros disponer los cruzamientos, los frenos, los topes, los resortes, y en fin todo lo que puede contribuir á la seguridad de los caminos de una sola via, que segun su opinion, pueden bajo este aspecto ser tan útiles como los de doble via, con un gasto infinitamente menor. Despues indica los

perjuicios que ocasiona á las compañías un accidente; perjuicios que pagarian los gastos de establecimiento de un telégrafo eléctrico. Estas y otras razones que ha dado el infatigable asociado de Wheatstone no han sido desoidas por fortuna, y aunque algo cambiada, su idea se halla hoy realizada en todas las líneas férreas, como hemos visto al describir la manera de usar en ellas el telégrafo eléctrico.

Sistema telegráfico de Steinheil.

Este sistema, mucho mas completo que el que acabamos de describir, se puso en práctica, segun Moigno, en el camino de hierro de Munich á Nannhoffen; razon por la cual lo colocamos en este capítulo, á pesar de que Du Moncel dice, al juzgarlo, que no llegó á establecerse definitivamente. Hé aquí una idea del sistema segun la da el mismo inventor:

«La administracion deseaba ejercer una vigilancia absoluta sobre los empleados y conocer incesantemente:

»1.° El momento de partida de cada tren.

»2.° La velocidad de los trenes en cada punto.

»3.° El tiempo que permanecian en las estaciones.

»4.° La presencia en su puesto de cada uno de los guardas de la línea.

»5.° La duracion total del viaje.

»Se deseaba además que el conductor en jefe del tren pudiera corresponder con la estacion mas próxima desde la casilla de los guardas, para pedir auxilio en caso necesario.

»El telégrafo, en fin, debia estar dispuesto de modo que cuando no hubiese trenes en la via, pudiera emplearse en la correspondencia del servicio.

»Para conseguir todo esto, dice el inventor, he dispuesto el aparato de la manera siguiente:

»El conductor empieza por una hoja de cobre de 240 piés cuadrados de superficie, arrollada y entre cuyas espiras he metido carbon; este rollo se suelda al conductor y se sumer-

ge despues en el fondo de un pozo de la estacion de Munich. El conductor, formado por un triple alambre de cobre retorcido, descansa sobre unos postes, que tienen unas clavijas, al rededor de las cuales da una vuelta el alambre, despues de haberlo envuelto en un poco de fieltro.

La distancia es	de Munich á Passing.	. . . .	22,710 piés.
—	de Passing á Lochhausen.	. . . . . .	17,290
—	— á Olching.	. . . .	22,940
—	— al rio Maisach.	. . . .	19,674
—	— á Nannhoffen.	. . . . . .	20,966
		Total. . .	103,580 piés.

»Desde Maisach á Nannhoffen el alambre es sencillo, y termina por una hoja de zinc de 240 piés cuadrados de superficie, desarrollada y fija de modo que siente bien en el fondo del rio Maisach.

»Atraviesa el conductor una corriente eléctrica muy fuerte, producida por las hojas metálicas en que termina, que puede descomponer abundantemente el agua acidulada y posee una fuerza suficiente para producir señales; la intensidad de esta corriente no ha disminuido nada en un año, y como su sencillez no puede ser mayor, no parece que haya duda en que conviene particularmente á las líneas telegráficas que funcionan por medio de reótomos ó relevos.

»A lo largo del conductor se han interpuesto: 1.° aparatos electro-magnéticos en las estaciones de los extremos; 2.° seis interruptores de la corriente en las estaciones de Munich, Passing, Olching, Lochhausen, Maisach y Nannhoffen; 3.° cuarenta y dos interruptores en las cuarenta y dos casillas de guardas de la línea; 4.° dos baterías de Daniell en las estaciones de los extremos, para aumentar la intensidad de la corriente en el caso de que se necesitara, para producir señales directas de una de estas estaciones á la otra.

»Los aparatos electro-magnéticos se componen de una muestra ó disco horizontal, que se mueve por un mecanismo de relojería y da una vuelta *en dos horas*.

»Sobre el disco hay una hoja de papel, cuyo limbo está dividido de minuto en minuto, de manera que corresponda al movimiento del reloj; esta division está litografiada, y el papel en que se halla se mantiene sobre el disco por medio de un anillo, que no hace mas que sujetar el borde.

»Detrás del reloj hay fijo un electro-iman, cuyos dos polos puestos hácia arriba, un poco mas altos que el disco, terminan en superficies bien planas.

»Sobre estas se halla colocada la armadura ó contacto, cuya prolongacion pasa sobre el disco en sentido de su diámetro, y hace marcas sobre el papel por medio de una pluma á propósito, que tiene un receptáculo lleno de tinta preparada con aceite. Esta misma pieza termina por un martillo, debajo del cual hay una campana de reloj, fija á la caja que contiene el rodaje. Como la corriente pasa constantemente por el conductor, la armadura está siempre adherida; pero en el momento en que se aprieta uno de los interruptores disyuntivos, interpuestos en el conductor, la armadura se separa, arrastrada por un contrapeso graduado; la pluma se apoya sobre el papel, y el martillo cae sobre la campana, que produce un sonido grave. Cuando el interruptor vuelve á cerrar el circúito, la corriente pasa de nuevo por el electro-iman, esta atrae su armadura, y por consiguiente la pluma y el martillo se levantan; pero al levantarse, queda sobre el papel un punto, si la pluma no ha estado mas que un momento en contacto con él, y una raya si se mantiene cierto tiempo mientras el rodaje arrastra el papel en su movimiento de revolucion; la longitud de la raya abrazará pues tantas divisiones como minutos haya permanecido la pluma apoyada en el papel que las contiene.

»Con solo esta disposicion quedan ya satisfechas algunas de las condiciones del problema; supóngase en efecto que el primer guarda hace al partir el tren una señal, apretando la palanca de su interruptor, la pluma marcará en el mismo instante un punto, que corresponde al momento de partida.

»Cuando el tren pasa delante del segundo, tercero y cuarto guarda, estos dan la señal del paso por medio de su interruptor. La distancia entre el primer punto y el segundo, entre este y el tercero, y así de los demás, indicará el número de minutos que el tren ha tardado en ir de una casilla á la otra, y como se sabe la distancia que existe entre ellas, se deduce la velocidad del tren.

»Si faltase la señal de uno de los guarda-líneas, seria prueba de que no estaba en su puesto.

»Cuando el tren llega á una estacion, el jefe de ella rompe el circúito por medio de su interruptor, y no lo restablece sino en el momento en que el tren parte, de manera que queda trazada en el papel una raya que abraza tantos minutos como ha durado la detencion; se tiene por lo tanto en las dos estaciones extremas un cuadro exacto y concordante de la marcha del tren; la hoja recibe entonces un número correspondiente al del tren, y se posee un documento impreso de la manera como se ha hecho el servicio.

»Si le sucediera un percance al tren, lo cual sabrian ya las estaciones extremas por la falta de señales de los guardas, el jefe del tren deberia ir á la casilla mas próxima y avisar desde allí á las estaciones extremas, por medio del interruptor, con las señales convenidas, y aun con el mismo interruptor podria establecer una correspondencia por letras y palabras; porque si se baja la palanca disyuntiva y se levanta rápidamente, el martillo, al herir la campana, le hace producir un sonido agudo en las dos estaciones extremas; si por el contrario se mantiene baja un instante, el golpe del martillo produce un sonido grave; estos dos sonidos diferentes, que el oído percibe distintamente, pueden agruparse y formar un alfabeto. Si se quiere que el jefe del tren reciba á su vez la contestacion de las estaciones extremas, basta darle un electro-iman portátil, provisto de un martillo y de una campana ó timbre, cuyos alambres intercala en la estacion del guar-

da. La correspondencia entre las estaciones extremas puede establecerse de una manera idéntica.

»Se concibe que este sistema debia encontrar algunas dificultades en su aplicacion, y en efecto, como verémos en el último capítulo, las hay tales, que no permiten emplearlo con ventaja tal como lo ha presentado su autor; creemos, sin embargo, que las objeciones que presenta Moigno, y copia Du Moncel, no son ni las principales, ni muy fundadas algunas.»

Sistema de Breguet.

Este célebre constructor se figuró con alguna razon que si podia evitarse la intervencion de la mano del hombre en la marcha del aparato de Steinheil, se obtendria un sistema telegráfico realmente útil para darse cuenta de la marcha de los trenes, y con ese objeto ideó, en 1847, el medio de que los trenes mismos obrasen sobre los interruptores. Los experimentos tuvieron lugar en la parte del camino de hierro de Saint Germain en que se halla establecido el sistema atmosférico, y con la disposicion de este, dice Du Moncel, era muy fácil realizar lo que se habia propuesto. Le bastaba, en efecto, servirse del piston propulsor de los trenes, para obtener, de 20 en 20 metros, el contacto de dos láminas, en relacion con la tierra la una, y la otra con una derivacion de la línea correspondiente á su cronógrafo, de manera que el paso del tren sobre cada interruptor era acusado en el cronógrafo sin intervencion de ningun empleado.

En el acta de la Academia de Ciencias del 15 de marzo de 1847 se leen con respecto á este invento las siguientes palabras:

«M. Arago ha presentado en nombre de M. Breguet, y ha hecho marchar en presencia de la Academia, un instrumento por medio del cual los jefes de las estaciones de llegada y salida de los trenes podrán conocer instantáneamente el momento en que los trenes pasan delante de cada uno de los

postes kilométricos de la línea; y podrán conocer exactamente la velocidad con que han recorrido los diversos intervalos.»

En el último capítulo emitirémos nuestro parecer acerca de la opinion que considera este invento como el punto de partida de la mayor parte de los sistemas que se han propuesto últimamente.

Hé aquí ahora los términos en que describió su *verificador automático de las velocidades* en la misma Academia de Ciencias:

«Hace tiempo, dice, que se buscan los medios de conocer con una exactitud rigurosa la velocidad de los trenes en todos los puntos de una línea férrea, así como el tiempo que se detienen en cada estacion; pero nada ha correspondido hasta ahora á este deseo; porque en los medios puestos en práctica se ha recurrido á la accion de empleados cuya negligencia ó mala intencion han hecho siêmpre calificar los resultados de poco exactos. He pensado pues que un instrumento capaz de trazar por sí mismo en el papel la indicacion de las diferentes velocidades de los trenes, y el tiempo trascurrido mientras se hallen detenidos en las estaciones, seria de mucha utilidad para el servicio de los caminos de hierro.

»La máquina que tengo el honor de presentar á la Academia consta de tres partes: 1.ª un mecanismo de relojería, que tiene en uno de sus ejes una hélice, que da la vuelta en horas ó fracciones de hora, y hace mover un lápiz de arriba abajo perpendicularmente; 2.ª una tira de papel, de longitud variable, segun se necesite, que puede llegar á tener de 40 á 50 metros, aunque en el modelo que presento no pasa de 2; 3.ª un tornillo sin fin, cuyo eje tiene en la extremidad exterior una polea. Este tornillo hace mover una rueda con un piñon, que engrana en una segunda rueda montada sobre un eje, en el cual hay un cilindro, destinado á hacer mover á su vez la tira de papel.

»Colocada la máquina, ya sea en el ténder, ya en un car-

ruaje, se introduce una polea en uno de los ejes de las ruedas, y pasando una cuerda por esta y la de la máquina, el tornillo dará vuelta si el tren marcha, las ruedas y el cilindro se pondrán en movimiento, y la tira de papel por consiguiente. Se tienen así dos movimientos distintos, independientes uno de otro: el primero horizontal y variable, que es el de la tira de papel; el otro vertical y uniforme, que es del lápiz. Resultará pues una curva sinuosa, cuyas abcisas representarán los espacios recorridos, y las ordenadas el tiempo empleado.

» En esta máquina la relacion entre el cilindro y la polea es de $\frac{1}{300}$; el cilindro tiene 6 centímetros de diámetro; por consiguiente, trescientas vueltas de la polea representarán un desarrollo de papel de 20 centímetros, y si las trescientas vueltas se producen por la marcha del tren en una longitud de 1 kilómetro, se ve que cada centímetro de papel representará un espacio recorrido igual á 50 metros. El ancho del papel es de 6 centímetros; si el lápiz los recorre en veinte minutos, la medida de cada minuto será una distancia de 3 milímetros. Es fácil hacerse cargo de que las curvas trazadas con estas condiciones podrán dar con facilidad todas las variaciones de velocidad en la marcha de un tren; y pudiéndose indicar los minutos por espacios de 2, 3 y aun 4 milímetros, las detenciones en las estaciones se expresarán de una manera rigurosamente exacta.»

Otro indicador de la velocidad de los trenes ha propuesto tambien Breguet; pero no nos detendrémos en describirlo porque no se emplea en él para nada la electricidad; está simplemente fundado en los efectos de la fuerza centrífuga, y es muy semejante al aparato que se emplea en los gabinetes de física para demostrar el achatamiento de la tierra en los polos.

La velocidad del eje de un par de ruedas del ténder se comunica á un aro móvil, que por efecto de la fuerza centrífuga baja mas ó menos, y mueve un índice, que puede examinar el maquinista cuando quiere.

Sistema de Regnault.

M. Regnault, jefe de traccion en el camino de hierro de Saint Germain, y encargado tambien de los aparatos telegráficos, tuvo la idea en 1847 de combinar estos de manera, que hiciesen tan segura la circulacion por los ferro-carriles de una sola via, como pudieran serlo los de dos. Estos aparatos se establecieron primero en la línea de Saint Germain, y despues se han adoptado para la del mediodía de Francia, y no será extraño que sin examinar siquiera los que posteriormente se han propuesto, sigan extendiéndose por las demás líneas francesas. Para darlos á conocer seguirémos casi literalmente á M. Combes en el informe que presentó á la Sociedad de Fomento, *Societé d'Encouragement*, despues de haberlos examinado, con los demás miembros de la comision nombrada, en la estacion de los caminos de hierro del Oeste, en Paris, donde se hallaban montados.

Los aparatos de Regnault tienen por objeto: 1.° indicar la marcha de los trenes entre dos estaciones en que se hallen establecidos los apartaderos, para evitar de una manera positiva que dos trenes que marchen en direccion contraria puedan entrar nunca simultáneamente en la porcion de via comprendida entre ambas estaciones.

2.° Establecer comunicaciones con signos telegráficos que no exijan sino maniobras tan sencillas, que pueda trasmitirlas un guarda de la línea sin error posible, entre las estaciones en que se hallan establecidos los depósitos de máquinas de socorro y puntos escalonados en la línea, á 4 kilómetros de intervalo unos de otros; de manera que si un tren llegase á detenerse por un accidente cualquiera, el jefe conductor se encontraria, cuando mas, á 2 kilómetros del punto desde donde podria pedir auxilio al depósito mas próximo.

Aparatos indicadores de la marcha de los trenes. — Para que dos trenes no puedan nunca marchar en sentido inverso en la porcion de via comprendida entre dos estaciones inme-

diatas, provistas de apartaderos *A* y *B*, es preciso y basta que el jefe de la estacion *B* tenga aviso, por una señal segura, del momento en que el tren parte de la estacion *A*, para avanzar hácia la estacion *B*, y que esta señal subsista hasta que el tren llegue á ella; y recíprocamente, que ningun tren parta de la estacion *B* para avanzar hácia *A*, sin que se avise á esta última estacion el momento de su salida con una señal tambien segura, visible para todos los empleados, y que no desaparezca sino á la llegada del tren. Los aparatos de M. Regnault satisfacen estas condiciones (continúa diciendo M. Combes) con toda la precision que es posible desear.

Son dobles ó de dos agujas, semejantes á los telégrafos ingleses; porque como sucede á menudo, hay dos trenes que se siguen de cerca, y es esencial que la estacion hácia donde se dirigen esté prevenida, para que se tenga tiempo de disponer el apartadero, ó para hacer la señal de alarma al segundo tren. Si no circulase mas que un tren entre dos estaciones, los aparatos en cuestion podrian ser de una sola aguja.

La salida del primer tren de viajeros que marcha de la estacion *A* hácia la *B*, se avisa á esta última por una de las agujas indicadoras, colocadas detrás de una de las vidrieras del edificio, á la vista de todos los que se hallan en la estacion ó pasan por delante. Esta aguja, que en su posicion natural se halla vertical, se inclina en la direccion de la marcha del tren en el momento en que este deja la estacion *A*, y permanece en dicha posicion hasta que llega á la estacion *B*. La salida de un tren de mercaderías que sigue al primero, marchando de *A* á *B*, se avisa tambien en el momento en que deja la estacion *A*, por la segunda aguja colocada al lado de la primera, la cual se inclina en la misma direccion que la otra, y permanece así hasta que llega el tren de mercaderías á *B*.

La trasmision de las señales indicadoras exige el establecimiento de tantos alambres continuos en la línea como trenes marchan en la misma direccion entre ambas estaciones, y en estas los aparatos siguientes:

1.° Dos receptores de doble muestra, con cuatro agujas imantadas cada uno, y reunidas de dos en dos, cuyas desviaciones indican la direccion en que marchan los trenes: cada receptor recibe las señales de la estacion inmediata que se halla del mismo lado.

2.° Dos manipuladores destinados á trasmitir las señales á las dos estaciones situadas á derecha y á izquierda.

3.° Cuatro reótomos para interrumpir la corriente, y volver las agujas á su posicion vertical tan luego como llegan los trenes señalados.

4.° Cuatro para-rayos para preservar todos los aparatos citados.

Dichos aparatos, que funcionan por la corriente de la pila que sirve para la trasmision de los partes, forman dos grupos, completamente independientes uno de otro, y cada uno recibe y trasmite las señales del lado en que se halla colocado.

Las agujas del receptor funcionan de la misma manera que el multiplicador de Schweigger, ó mejor dicho, no son otra cosa; por consiguiente se concibe que es fácil hacer corresponder el sentido de su desviacion con la direccion de la marcha de los trenes, de manera que al mirar el aparato se puede inmediamente decir la direccion en que marcha el tren señalado. El receptor de Regnault está representado en la figura 257.

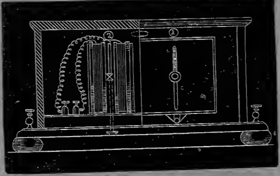


Fig. 257.

Para simplificar sin duda la combinacion de los circúitos, M. Regnault hace marchar sus aparatos con corrientes continuas cerradas, de manera que en el estado de reposo, los

polos positivos de los dos puestos inmediatos comunican entre sí por los alambres de la línea, mientras que los polos negativos se hallan en comunicacion con la tierra, y resulta de esto que las corrientes que tienden á establecerse se destruyen, y no obran sobre las agujas imantadas de los aparatos conductores, que permanecen verticales; pero tan luego como se produce una interrupcion de la corriente en una de las dos estaciones, la de la otra se hace visible ó activa, y las agujas se desvian bajo su influencia.

Los manipuladores con que se obtienen estas desviaciones persistentes consisten en dos palancas, que obran sobre un conmutador reotómico. Este se compone de dos electro-imanes *M M*, *M' M'* (figura 258), cuyas armaduras *A B A' B'* forman á la vez un relevo disyuntivo y conjuntivo por medio de los resortes *s s' r r'*, que se apoyan contra los botones *b b' x x'* cuando las armaduras son atraidas ó rechazadas. Las armaduras están unidas á las palancas manipuladoras *L L'* por unos vástagos *t t'*, que las permiten apoyarse contra ellos cuando se empujan hácia el lado en que se encuentran, pero que no las impiden volver á su posicion primitiva por la accion de unos resortes de espiral muy fuertes *R R'*. Resulta de esta disposicion que si los electro-imanes *M M M' M'* están en relacion con la tierra y se establece una comunicacion metálica entre sus armaduras y los circúitos en que están interpuestos los aparatos indicadores, se producirá en cada movimiento impreso á las palancas *L L'*, 1.° una ruptura de los circúitos de la línea, que aislará la pila de la esta-

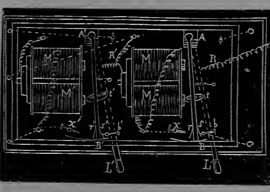


Fig. 258.

cion que trasmite; 2.° la formacion de un nuevo circúito, en el cual entrarán los electro-imanes del manipulador. Bajo la influencia de la corriente que atravesará estos electro-imanes, las armaduras $A\ B\ A'\ B'$ permanecerán atraidas de manera, que el nuevo circúito quede cerrado hasta que se haga una interrupcion en él. Ahora bien, esta interrupcion no puede verificarse sino en la estacion que recibe, y cuando tiene lugar, las armaduras del manipulador vuelven á su posicion inicial, los electro-imanes $M\ M\ M'\ M'$ no forman ya parte del circúito, por la separacion de los resortes $r'\ r'$, y las corrientes de ambas pilas circulan de nuevo al través de los aparatos indicadores, haciéndoles marcar la posicion vertical.

Tomemos como ejemplo de la manera de funcionar de estos aparatos, no un caso simple, como lo hace Combes en su informe, sino el siguiente, que cita Du Moncel en su nueva edicion de las *Aplicaciones de la electricidad.*

Supongamos que un tren de mercaderías sale de la estacion de Rueil para ir á Paris. En el momento mismo de la partida, el empleado de la estacion empujará el manipulador L, y la estacion inmediata de Nanterre quedará advertida por su aparato receptor, porque una de sus agujas se desviará en direccion de Paris. Un instante despues llega á Rueil un tren de viajeros, que circula por la misma via que el tren de mercaderías; el empleado de Rueil hace funcionar el segundo manipulador, y la segunda aguja del receptor de Nanterre se desvia tambien en la misma direccion. El jefe de Nanterre sabe pues que vienen dos trenes á su estacion, uno detrás de otro, y en cuanto llega el primero, hace marcar la señal de alto, para que el segundo no venga á chocar con el primero en el momento en que se detiene en la estacion. Tan luego como el primero parte hácia Paris, el empleado de la estacion actúa sobre el interruptor disyuntivo, y la aguja del aparato indicador correspondiente á este tren volverá á su posicion normal. Al mismo tiempo el electro-

iman de la palanca *L* de la estacion de Rueil quedará inactivo, y la aguja correspondiente al aparato de esta misma estacion, volviendo á su posicion normal, indicará al jefe de Rueil que el primer tren ha pasado de Nanterre. Despues de la interrupcion del segundo circúito, repetido en Nanterre, cuando parte el segundo tren, todos los aparatos habrán vuelto á su posicion normal en ambas estaciones, al menos aquellos que están en relacion con la parte de línea de Rueil á Nanterre.

Aparatos de socorro. — Las combinaciones para pedir socorro, dice Combes en su informe, no son menos ingeniosas y sencillas. Necesitan un alambre mas en la línea, varios manipuladores y avisadores, que se fijan en los postes de cuatro en cuatro kilómetros, y además los aparatos siguientes en cada estacion.

1.° Un receptor de dos esferas, destinada cada una á recibir las señales que se hagan en la línea del lado en que está colocado. Las esferas ó muestras están divididas en partes iguales, que representan cada una, una distancia de cuatro kilómetros á partir de la estacion, y la division en que se detiene la aguja indicadora marca la distancia á que debe enviarse el socorro pedido.

2.° Un aparato avisador ó repique, que suena al primer movimiento de la aguja.

3.° Un conmutador de dos ramas, que pone en relacion cada lado del receptor con el repique, y permite aislar uno de los lados cuando es necesario.

4.° Dos inversores, que permiten cambiar la direccion de la corriente para acusar el recibo de la señal, destinado cada uno á la parte de la línea hácia cuyo lado se halla.

5.° Una pila que distribuye la corriente á los aparatos.

El polo zinc de la pila comunica con la tierra, y el cobre con el receptor. La corriente pasa por los electro-imanes de este aparato, y sigue por un lado y otro los alambres de la línea, que están puestos en comunicacion con la tierra,

en los puntos que dividen en partes iguales las distancias que hay desde la estacion á las dos inmediatas de derecha é izquierda.

Una pila especial, ó mas bien un pequeño número de elementos de la principal, manda su corriente á las paletas de los electro-imanes. Cuando la corriente que pasa por estos se interrumpe, las paletas se acercan á un boton metálico, que trasmite la corriente al aparato avisador, el mecanismo de esta se pone en movimiento, y suena mientras le dura la cuerda.

El alambre de la línea está interrumpido de 4 en 4 kilómetros, y en los postes correspondientes á esta distancia se colocan un manipulador y un avisador. Los dos trozos de la interrupcion se prolongan verticalmente á lo largo del poste envueltos en gutta-percha, y vienen á unirse respectivamente á un boton metálico del manipulador y á otro semejante del avisador, los cuales comunican entre sí, de manera que la corriente continua, que viene de la pila de la estacion, atraviesa los dos aparatos.

El aparato avisador no consiste mas que en una aguja imantada, colocada delante de un multiplicador atravesado por la corriente; así es que en el estado normal, la corriente obra constantemente sobre la aguja, y la mantiene inclinada en cierta direccion. Si se cambia la corriente, se inclina en direccion contraria, y si se interrumpe, se coloca verticalmente.

El manipulador no es mas que un disco metálico pequeño, provisto de un manubrio, en cuyo contorno apoya, con toda la fuerza que le comunica un resorte, una lámina metálica, que en el estado normal trasmite la corriente al aparato avisador, y de este á la continuacion del alambre. Al rededor del disco, ó mejor dicho, en su circunferencia misma, hay incrustadas unas teclas equidistantes de madera ó de marfil, en número igual al de los intervalos de 4 kilómetros, comprendidos entre el poste en que se halla fijo el aparato y el de-

pósito mas próximo con que está relacionado por medio del alambre.

Sentado esto, si un tren ha sufrido algun percance, el jefe se dirige al poste mas próximo al lugar del accidente, distante cuando mas 2 kilómetros. A peticion suya, el guarda de la línea hace describir una circunferencia completa al manubrio del manipulador con un movimiento lento y regular.

El efecto de esta maniobra es interrumpir la corriente eléctrica tantas veces como teclas de marfil hay en el disco del manipulador, ó lo que es lo mismo, como intervalos de 4 kilómetros entre el manipulador y el depósito mas inmediato. A cada interrupcion, la aguja indicadora avanza una division en la esfera del receptor correspondiente del depósito, y se detiene sobre la que marca la distancia á que se halla el punto en que se pide el socorro.

El efecto de la primera interrupcion de la corriente es dejar libre la paleta de los electro-imanes, que viene á tocar en un boton metálico en relacion con el aparato avisador, de donde resulta que el rodaje de este queda en libertad, y su campanilla repica hasta que el jefe de la estacion viene á detenerlo, interrumpiendo la corriente por medio del conmutador; y coloca la paleta ó armadura en su posicion normal, por medio de una palanca, cuyo mango sobresale en la parte inferior de la caja.

Inmediatamente despues de recibida la señal, el jefe de la estacion invierte el sentido de la corriente que pasa por el alambre de la línea, valiéndose del inversor adaptado al aparato; entonces la aguja del avisador, que el guarda de la línea tiene á la vista, se inclina en direccion contraria á la que tenia, y le hace saber que su señal ha sido comprendida. Al mismo tiempo el jefe de la estacion vuelve á colocar la aguja de su receptor en la cruz, maniobrando las palancas colocadas en la parte inferior de la caja, y espera á que el guarda repita su señal; cosa que debe siempre hacerse.

Resumiendo en pocas palabras el sistema de Regnault.

dirémos que la marcha de los trenes se indica por la desviacion de una aguja, que permanece inclinada á la vista de todos, mientras el tren recorre el intervalo de una estacion á otra, y hasta que el jefe de aquella adonde llega interrumpe la corriente de la pila que hay en su propia estacion, para dejar la aguja en la posicion vertical. Por una parte, el jefe de la estacion de donde ha partido el tren no puede hacer desaparecer la señal; y por otra, cuando la señal aparece en su receptor, puede estar seguro de que ha sido trasmitida; porque la corriente que ha inclinado la aguja de su propia estacion proviene de la pila de la segunda, y ha tenido que atravesar los aparatos de ella.

En cuanto á la segunda parte de la invencion, ó sea el modo de pedir auxilio á los depósitos de máquinas, le basta al guarda dar vuelta al manubrio de su manipulador siempre del mismo lado, describiendo una circunferencia entera, y una aguja inclinada, que cambia de direccion, le hace saber que su señal ha sido recibida; debe repetirla siempre una vez, y si la repite dos, tres ó cuatro, estas pueden indicar la naturaleza del auxilio que se desea.

Tal es el sistema de M. Regnault, calificado por M. Combes, en el informe presentado á la *Societé d'Encouragement* el 7 de febrero de 1855, como el mejor y mas practicable de cuantos se han ideado para aumentar la seguridad de la locomocion en los caminos de hierro de una sola via; nosotros emitirémos la nuestra en el último capítulo.

Para completar cuanto es necesario decir sobre el sistema de M. Regnault, darémos una idea de los aparatos que no hemos hecho mas que mencionar en el curso de la relacion, y que se hallan minuciosamente descritos en los números 28, 29 y 30 de la segunda série del *Bulletin de la Societé d'Encouragement*, correspondientes á los meses de abril, mayo y junio de 1855.

El receptor destinado á indicar en las estaciones el punto en que se pide auxilio es un doble telégrafo de muestra co-

mo el de Breguet, cuya esfera, en vez de letras y números, tiene divisiones, que representan cada una 4 kilómetros, y está dividida en tantas como intervalos de estos hay entre la estacion y la mitad de la distancia que la separa del otro depósito ó puesto de máquinas.

Los manipuladores colocados en los diferentes puntos desde donde se puede pedir socorro, son tambien semejantes á los de Breguet, ó por mejor decir, iguales á los primeros que empleó Wheatstone; solo que están dispuestos de manera, que en cada vuelta completa del manubrio, el número de interrupciones esté en relacion con el de intervalos de 4 kilómetros, que separan aquel punto de la estacion ó depósito mas próximo.

El avisador que hay en los postes extremos de cada intervalo tiene dos timbres ó campanillas, contra las cuales golpea alternativamente la aguja siempre que cambia de direccion. Los demás aparatos son enteramente iguales á los que hemos descrito para el servicio de las líneas telegráficas comunes.

Avisador eléctrico para verificar la maniobra de los discos.

Se ha establecido últimamente en la estacion de Tonerre, en el camino de hierro de Lyon, un aparato destinado á hacer conocer que se ha ejecutado la maniobra de los discos. Se reduce á una campanilla eléctrica, que se pone en movimiento cuando la palanca con que se manejan los discos coloca estos en la posicion de peligro ó de via ocupada, lo cual tiene lugar siempre que se detiene un tren delante de la estacion. El contacto eléctrico que se establece dura todo el tiempo que se mantiene la palanca en la misma posicion, y por consiguiente el repique eléctrico suena desde que llega el tren hasta que parte, y el jefe de la estacion está seguro de que el servicio de los discos se hace con puntualidad.

Telégrafo portátil de Breguet.

Siempre que ocurre un accidente en un tren que recorre un camino de hierro es conveniente, ó mejor dicho, indis-

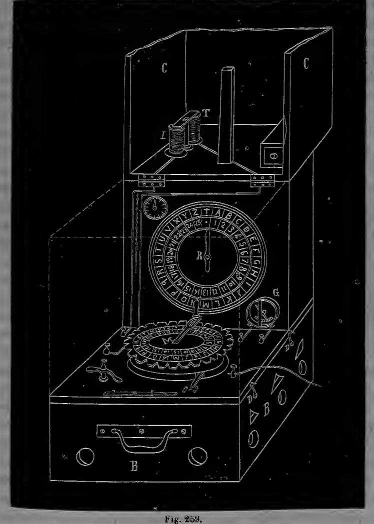


Fig. 259.

pensable, poder comunicar con las estaciones para pedirles lo necesario, á fin de que los demás trenes estén preveni-

dos y otras muchas cosas. Este problema de comunicar con las estaciones desde un punto cualquiera de la línea, lo ha resuelto Breguet en 1848 con la invencion de su telégrafo portátil, que puede trasportarse en un carruaje cualquiera del tren.

El aparato representado en la figura 259 es un cajon de encina, que contiene:

1.° Una pila de 18 elementos, encerrados en el fondo de la caja *B B*.

2.° Un receptor *R*.

3.° Un manipulador *M*.

4.° Una brújula pequeña *G*.

5.° Dos carretes de alambre de cobre cubierto de seda *L* y *T*.

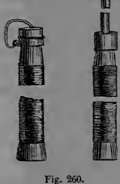


Fig. 260.

Además de esto, va provista de un tubo ó baston largo, de piezas, como los anteojos de larga vista (figura 260), en cuyo extremo hay un gancho de cobre, destinado á poner en comunicacion el carrete *L* con el alambre conductor de la línea. El carrete *T* de la figura 259 se pone en comunicacion con la tierra por medio de una cuñita de hierro, que se encaja entre dos barras-carriles.

Todo cuanto se ha dicho de los demás telégrafos se aplica á este, que es enteramente igual; solo la pila, que es siempre de sulfato de cobre, difiere un poco, pues en vez de hacer uso de los líquidos excitadores, para sumergir en ellos las láminas metálicas, se emplea arena humedecida con agua para el zinc, y con sulfato de cobre para el vaso poroso en que va el metal del polo positivo. Este cambio era necesario, porque el agua sola se hubiera derramado con los sacudimientos que experimentan los carruajes de un tren en marcha. Se emplea tambien otra disposicion, que hace mas fácil la limpieza de la pila; consiste en poner el sulfato y el agua

líquidos, cerrando el vaso poroso y el exterior con tapones de corcho; modificacion introducida con éxito en el camino de hierro de Orleans por el inspector de este ramo.

Hé aquí cómo explica el mismo Breguet la manera de servirse de su aparato:

«Supongámosle colocado, dice, en un tren en marcha, y que este se detenga entre Paris y Juvisy, dos estaciones del camino de hierro de Orleans. En este estado, el tren necesita auxilio, y entonces un empleado levanta la tapa *C C* del aparato, toma el alambre del carrete *L*, lo engancha en el baston, y cuelga este del alambre telegráfico de la línea; toma en seguida el carrete *T*, une á él la cuña de hierro y la encaja entre dos barras-carriles. Hecho esto, da vueltas á su manipulador, lo mantiene un momento en uno de los puntos de contacto; si ve que la brújula se desvia, es prueba de que su corriente pasa, y pone el manubrio del receptor en la cruz. En esta posicion, la corriente, que se divide en dos partes, hácia Paris y hácia Juvisy, hará sonar al mismo tiempo los repiques de los aparatos de alarma de una y otra estacion. Una de ellas responderá antes que la otra, y todo cuanto diga pasará por el aparato móvil; y si se tuviese tiempo de dejarlas hablar entre sí, se tendria su conversacion íntegra; pero en el momento en que se ve que una de ellas responde, se la interrumpe y se hace saber que es el telégrafo del tren el que pide la correspondencia.

»Cuando se quiere reconocer la pila, es preciso quitar las aldabillas *D* y levantar la parte superior.

»Para volverla á poner en su lugar se empieza por encajar el costado del receptor, despues se baja el lado del manipulador, con lo cual, y por efecto de la presion, se establece el contacto entre dos pasadores de cobre y los dos polos de la pila.

»Estos pasadores están en relacion con las diversas partes del aparato, por medio de conductores colocados bajo la tabla del manipulador.»

El camino de hierro del mediodía de Francia, que busca y acepta con tanta solicitud, dice el inventor, las mejoras que pueden contribuir á aumentar la seguridad de los caminos de hierro, ha adoptado, así como el de Orleans y el del Norte, los telégrafos portátiles; pero por consejo de M. Regnault, ha suprimido la pila. En ese caso, hay un alambre especial en la línea, por el cual pasa continuamente la corriente de una pila, que se halla siempre en actividad en las estaciones.

El telégrafo portátil de Breguet es, como se ve, sumamente sencillo, y los beneficios que puede prestar á la locomocion por las vias férreas son inmensos; sin embargo, no basta para hacerla completamente segura, porque su objeto no es prevenir los accidentes, sino hacer menos sensibles sus consecuencias, ya avisando á las estaciones para que no permitan el paso á otros trenes, ya pudiendo abreviar con una comunicacion pronta y eficaz la embarazosa situacion en que se encuentra un tren detenido por un percance cualquiera.

En cuanto á un sistema que abrace y prevenga la mayor parte de los riesgos que se corren en un camino de hierro, no se ha puesto todavía ninguno en ejecucion, aunque se han propuesto varios mas ó menos eficaces, algunos de los cuales han merecido los honores del ensayo y han tenido un éxito feliz, segun verémos en los capítulos que siguen.

CAPITULO XII.

SISTEMA DE SEÑALES ELÉCTRICAS
DE FERNANDEZ DE CASTRO.

Por los capítulos anteriores se ve cuán ineficaces han sido hasta el dia para evitar los accidentes en los caminos de hierro, ya las medidas reglamentarias dictadas por la experiencia y exigidas con cuanta severidad es dable á la prudencia humana, ya los diferentes sistemas de señales que se han puesto mas ó menos ventajosamente en práctica. Las primeras, confiadas á un numeroso personal, están sujetas á fallar al menor descuido de un solo hombre, y las segundas, limitadas en su uso á ciertos y determinados casos, son incapaces de hacer un servicio, cuyo carácter esencial habria de ser, si posible fuese, el de la *infalibilidad*.

A nuestro modo de ver, no hay que esperar tan rara circunstancia de ningun sistema cuyo éxito tenga que confiarse á la mano del hombre, ó que estribe en los recursos aislados de la física y de la mecánica; pero podria obtenerse de la feliz combinacion de unos y otros medios, con la cual, utilizándose la vigilancia de los primeros y la exactitud de los segundos, contribuyesen ambos á alejar todo peligro.

Es necesario además valerse de un agente menos limitado en sus recursos que la óptica y la acústica, que han servido de base á casi todos los sistemas de señales empleados hasta el dia; y este agente es sin duda alguna la electricidad, cuyas admirables aplicaciones hemos dado á conocer, sobre todo en el capítulo anterior, al tratar de los medios empleados en los ferro-carriles para aumentar el tráfico y la seguridad.

La primera idea que ocurre, en efecto, al considerar las ventajas que ha producido en ellos la telegrafía, es la de preguntarse si no se podrian extender sus beneficios, obligando á la electricidad á que acompañe, por decirlo así, á los trenes en su marcha, á que los proteja mientras están en movimiento, como los protege ya en las estaciones, no dejándolos salir á recorrer el espacio comprendido entre dos puntos telegráficos mientras no lo ha hecho ella para avisar que están tomadas las precauciones posibles.

Cualquiera que lea los reglamentos de un ferro-carril, y conozca el sistema de telegrafía empleado en ellos, no creerá posible que puedan ocurrir desgracias sino muy rara vez; porque las órdenes precisas que establecen los primeros, y la regularidad con que trabajan los aparatos eléctricos parecen dar cierta exactitud mecánica al servicio, que como hemos dicho en el capítulo x, seduce á algunas personas hasta el punto de hacerles negar la posibilidad de ciertas catástrofes; por desgracia esto no es mas que una ilusion, como lo demostramos allí mismo, presentando en un extenso cuadro las numerosas causas que dan lugar á accidentes no pocas veces graves, y que continúan haciendo menos segura de lo que debiera ser la locomocion por caminos de hierro.

En el mismo capítulo x presentamos algunos datos estadísticos que manifiestan las causas que con mas frecuencia dan orígen á desgracias; entre estas, los choques, los descarrilamientos y la mala posicion de las agujas y barreras son las mas frecuentes, las mas terribles y las que parecen mas difíciles de evitar; pero como verémos, sucede lo contrario, y la electricidad puede proporcionar los medios de prevenirlas casi siempre. En efecto, si se observa que la mayor parte, casi todos los choques ocurren porque los maquinistas no han visto el obstáculo contra el cual van á estrellarse, ó no han recibido una señal con la anticipacion suficiente para hacer obrar los frenos y el regulador; si se considera que una parte de los descarrilamiéntos proviene de faltas en la

via, que los guardas hubiesen podido hacer conocer á los maquinistas si los medios de avisar fueran mas eficaces y les permitiesen dedicar mas tiempo al cuidado ó inspeccion de la via; si se conviene tambien, como no se puede menos, en que tampoco sucederian desgracias en las agujas, barreras y demás partes movibles de la via con tal que estuviesen dispuestas de manera que su mala posicion produjera una señal en los trenes, cuando estos se hallan todavía á una distancia capaz de moderar la velocidad adquirida; si se considera en fin, que en la mayor parte de los casos es la falta de una señal dada á tiempo lo que ocasiona una catástrofe, no sorprenderá que la electricidad pueda producir en cada uno de ellos el mismo efecto que de una estacion á otra.

Como hemos visto, las señales que han podido hacerse hasta ahora por medio de la electricidad son de una estacion á otra, y de un tren á una estacion; pero no de tren á tren, como lo exige la necesidad, y menos aun del obstáculo mismo al tren que corre á precipitarse sobre él, en el momento en que ningun medio humano parece que pueda salvarlo del peligro; sin embargo, esto puede conseguirse con el sistema que propusimos en octubre de 1853, como lo prueban los ensayos verificados en grande escala en el camino de hierro de Madrid á Albacete. Hé aquí en qué consiste:

Establecida en la via una série de conductores dobles, paralelos á ella, y en todo su desarrollo, uno de los cuales se halla perfectamente aislado, es evidente que si por un medio cualquiera se ponen en comunicacion esos conductores con un aparato generador de electricidad colocado en el tren, cuyos polos estén en contacto con cada uno de ellos, bastará cerrar el circúito en un punto cualquiera de la via, para que entrando en comunicacion los dos polos, los fenómenos eléctricos se manifiesten con toda la intensidad que se quiera.

Este es el principio de todo el sistema; en él, como en los telégrafos comunes, no se trata mas que de cerrar un cir-

cúito en un momento dado, y el carácter esencial de su aplicacion es establecer instantáneamente la comunicacion que debe cerrar el circúito, con el auxilio de cada uno de los obstáculos mismos que podrian ocasionar una catástrofe; y en el caso en que el obstáculo no fuera suficiente para señalar por sí mismo el peligro, su carácter esencial, lo repetimos, es dar al hombre el medio de hacer la señal instantáneamente tambien, sin desatender por eso las otras exigencias perentorias del servicio.

Pero no basta cerrar un circúito sin la intervencion de la mano del hombre, y producir una señal en los trenes en que van montados los generadores eléctricos con sus aparatos de alarma; para que dicha señal sea eficaz y proporcione toda la seguridad y ventajas que puedan desear los viajeros y la empresa, es preciso que tenga dos circunstancias mas: la de efectuarse en cualquier punto de la línea en que se halle el tren, y que sin dejar de tener lugar á una distancia que permita tomar las precauciones necesarias para detenerlo, esta distancia no pase de cierto límite, fuera del cual se alteraria inútilmente la marcha y se desordenaria el servicio, sin que hubiera peligro real.

Para llenar estas condiciones, que M. Couche considera en una publicacion reciente (1) como el *desideratum* de los caminos de hierro, es menester que el conductor aislado, que ha de estar en comunicacion con uno de los polos del generador eléctrico montado en los trenes, tenga una forma particular, y se componga de dos séries de trozos de alambre, aislados unos de otros, paralelas ambas y dispuestas de modo que el corto intervalo que queda entre dos trozos de la una, corresponda á la parte media de los trozos de la otra, como lo representa la figura 261. De ese modo no es posible que dos trenes se pongan en comunicacion con el mismo trozo de alambre, es decir, que lleguen á estar á una distancia peligrosa, sin que se cierren mútuamente el circúito, y tenga lu-

(1) Couche, *Sur le télégraphe des trains de M. Bonelli*.—Paris, 1856.

gar en ellos una señal de alarma que les previene el riesgo; al mismo tiempo que no se produce señal ninguna, aunque haya veinte trenes entre dos estaciones, con tal que todos conserven entre sí un intervalo mayor que la mitad de uno de los trozos de alambre, ó sea la distancia que se hubiera juzgado peligrosa para los casos mas desfavorables.

Explicada ya la base de nuestro sistema, aquello que lo hace diferir esencialmente de todos los que se habian propuesto cuando lo presentamos, convendrá, para darlo á conocer en todos sus pormenores, hablar con separacion de las tres partes que lo constituyen, es decir, del *generador eléctrico*, del conductor aislado á que llamarémos *conductor general*, y de los *comunicadores* ó aparatos para comunicar eléctricamente el generador establecido en el tren con el conductor general y con la tierra. Pero antes hay que observar que al ver los diferentes medios que proponemos para cerrar el circúito en cada caso particular, se debe tener presente que el sistema lo constituyen el conjunto de esos medios y el principio sobre que están basados, así como las disposiciones particulares del conductor aislado y del generador eléctrico; pero en cuanto á los pormenores, pueden variar infinitamente, segun las localidades y el talento de los ingenieros encargados de su aplicacion; nosotros no nos hemos propuesto aquí mas que demostrar la posibilidad de señalar cada uno de los riesgos que pueden presentarse, y hemos tratado de hacerlo, indicando solamente los medios mas sencillos, y por consiguiente los mas fáciles de ejecutar en un ensayo.

Fig. 261.

Del generador eléctrico.

La primera circunstancia que ha debido fijar nuestra atencion al elegir un generador eléctrico, ha sido la produccion de una señal precisa, exenta de toda duda. Esto, y la utilidad que podria resultar, como se verá mas adelante, aprovechando la fuerza de la electricidad estática, nos hizo pensar en su empleo, reservándonos el reemplazarla despues por la dinámica, si la experiencia daba á conocer en esta última ventajas muy marcadas.

Por una parte, con la electricidad estática, era necesario vencer las dificultades debidas á su gran tension, es decir, obtener el perfecto aislamiento del conductor general; la electricidad dinámica, por otra, presentaba tambien los inconvenientes debidos á su poca tension, que exige por lo tanto un contacto perfecto entre el generador eléctrico y el conductor. En un principio creimos mas fácil conseguir un buen aislamiento que un contacto perfecto; y tanto esta circunstancia, como la de poder evitar el invertir el sentido de las corrientes, en el caso en que se prefiriera no emplear los aparatos electro-magnéticos, por las razones que dirémos despues, nos hizo pensar en valernos de la electricidad estática con preferencia á la dinámica. Pero en la duda, hicimos uso de un aparato de Ruhmkorff, que al paso que daba orígen á dos circúitos eléctricos, uno dinámico y el otro con todos los caractéres de la electricidad estática, presentaba la doble ventaja de producir una gran cantidad de electricidad de tension, ocupando poco espacio, y permitia servirse de la dinámica en el caso en que los inconvenientes de emplear aquella para un circúito de grande extension fuesen insuperables.

Todo parecia conforme á nuestra prevision, porque aun estando el tiempo lluvioso, el aislamiento era perfecto; pero un fenómeno que no se habia estudiado en el aparato de Ruhmkorff, de que hemos hecho mencion en el capítulo v, y sobre el cual pensamos publicar un trabajo con las observa-

ciones que tuvimos ocasion de hacer en nuestros ensayos de Villacañas, confirmadas posteriormente con repetidos experimentos; ese fenómeno, decimos, nos hizo ver que su empleo no tenia por ahora, y sin ciertas modificaciones, el grado de exactitud que exige un sistema de señales para los caminos de hierro; porque la chispa partia sin que estuviera cerrado el circúito del conductor metálico, cuando la tension era bastante grande para vencer la resistencia que presentaba el aire entre las puntas del aparato de alarma: bastaba pues un poco mas de humedad en la atmósfera, un poco mas de energía en las pilas para producir ese efecto.

Recurrimos entonces á la electricidad dinámica, que no ofrecia los inconvenientes que acabamos de señalar, ni presentó los que temiamos; porque el contacto tenia lugar sin dificultad y la comunicacion se establecia perfectamente entre los dos polos, las partes conductoras del carruaje y el conductor general; pero para obtener las señales que nos habiamos propuesto producir con el aparato de Ruhmkorff, no bastaba la pila con que marcha este ordinariamente, siendo el circúito dinámico de pocos metros y constituido por un alambre perfectamente aislado; el ensayo, sin embargo, no sufrió retraso ninguno, gracias á la ayuda del inspector de telégrafos del ferro-carril del Mediterráneo, D. F. Trochon, que construyó dos *relevos*. Introducidos estos en el circúito formado por la pila de cada tren, la tierra y el conductor aislado colocado á lo largo de la via, la intensidad de la corriente bastaba para hacer marchar el reótomo del relevo, se cerraba el circúito de una pila local en que se hallaba el alambre inductor del aparato de Ruhmkorff, y al ponerse este en accion partia la señal interpuesta en el circúito inducido.

Estos primeros ensayos tuvieron un éxito feliz; pero no era difícil comprender que el aparato de Ruhmkorff podia suprimirse, desde el momento en que no se hacia uso de él para el gran circúito dinámico; porque el efecto de inflamar una sustancia explosible se obtiene fácilmente con so-

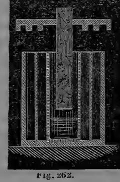
lo introducir en el circúito local del relevo una pila con elementos de mucha superficie y con reóforos de gran seccion, unidos por un alambre delgado de platino, que se enrojece en el momento en que obrando el reótomo á impulsos de la corriente principal, cierra el circúito local: el alambre de platino enrojecido inflama fácilmente la pólvora ó un gas detonante.

El generador eléctrico, pues, que conviene adoptar para establecer una corriente eléctrica al través del circúito que forman los trenes con el conductor aislado y la tierra, debe ser una de los diferentes pilas que se emplean generalmente para los telégrafos, tales como las de Daniell, Breguet y Cooke, ó bien un aparato magneto-eléctrico como el de Clarke.

Si se tratara de un telégrafo fijo ó de un sistema en que la pila no tuviera que ir montada en los trenes, solo habria que tener en consideracion, como en todos los casos en que se emplea una corriente eléctrica, la constancia, la intensidad y la economía; pero en nuestro sistema, estando las pilas expuestas á sufrir continuamente un movimiento de trepidacion, deben prepararse de manera que los líquidos no se derramen y confundan. Si las pilas que se emplearan fueran las de Cooke ó Bagration, en que las láminas metálicas se introducen en arena humedecida por el líquido excitador, no habria necesidad de precaucion ninguna, porque todas las pilas de arena pueden sufrir movimientos muy bruscos sin peligro de que cambien sus condiciones. Lo mismo sucede con la nueva pila ideada por los hermanos Breton, descrita en el capítulo II, pág. 154, que como dijimos entonces, creemos susceptible de ser aplicada con ventaja á nuestro sistema de señales eléctricas: en efecto, por su manera de obrar, puede compararse con la de Daniell y aun sustituirla sin inconveniente, en cuanto á su intensidad y constancia, reuniendo al mismo tiempo la ventaja de las de arena, que no pueden derramarse.

En los ensayos que hicimos en el camino del Mediterráneo, empleamos para el circúito principal pilas de Daniell de diez y ocho elementos medianos; pero en lugar de usar los líquidos solos, echamos arena gruesa en los vasos, mezclando la del poroso con cristales de sulfato de cobre; con este procedimiento, usado por Breguet en su telégrafo portátil, la accion de la pila se mantiene, si no constante, al menos bastante enérgica para hacer funcionar los relevos quince y veinte dias despues de haberlas preparado, sin humedecerlas siquiera en ese tiempo; observamos, sin embargo, que la intensidad era mucho menor.

Para el circúito local que contenia el alambre inductor del aparato de Ruhmkorff, usamos pilas de Bunsen de dos clases; á las comunes bastó hacerles unas tapaderas de corcho anulares, que se adaptaban perfectamente á los bordes de los vasos, dejando pasar el carbon y la hoja de cobre unida á la lámina ó cilindro de zinc. Hicimos construir además, por el mismo Ruhmkorff, unas pilas de gutta-percha con tapadera, representadas en la figura 262, y con las cuales no habia el menor peligro de que se mezclasen los líquidos.


Fig. 262.

Otro medio de evitar este mal, es el de usar vasos estrechos y profundos, en que el líquido no llegue á la mitad de la altura.

Hemos dicho que el generador eléctrico va montado en el tren, y lleva uno de los polos en comunicacion con la tierra, y el otro con el conductor aislado; indicamos tambien cómo se produce la señal que advierte la aproximacion de un peligro, con solo cerrar el circúito eléctrico en que se hallan la tierra, el conductor aislado y el generador eléctrico; dimos á conocer, por último, las dificultades que encontramos al querer usar como generador el aparato de Ruhmkorff, y hemos anunciado la conveniencia de valerse de una de las dife-

rentes pilas que se emplean generalmente para los telégrafos, como la de Daniell, la de Cooke, la nueva de Breton, ó bien un aparato magneto-eléctrico. Pero no basta esto para dar por resuelta la cuestion del generador; pues no es indiferente que uno ú otro polo de la pila comuniquen con el conductor general, cuando hay en el circúito dos generadores de electricidad que producen corrientes de la misma intensidad; es preciso en ese caso tomar ciertas medidas para evitar que dos trenes puedan aproximarse sin hacer una señal de alarma, faltos de una corriente capaz de producirla. Para evitar el choque cuando marchan el uno hácia el otro, bastaria establecer una regla fija invariable, por la cual todos los trenes que fueran de Norte á Sur, por ejemplo, llevasen el polo + en comunicacion con el conductor general, y el polo — con la tierra; y vice-versa, los que fueran de Sur á Norte con el polo + en comunicacion con la tierra, y el — con el alambre conductor. Pero esta disposicion, suficiente para prevenir todo encuentro entre dos trenes que marchasen en direccion contraria, no serviria para el caso en que se siguieran el uno al otro, llevando el segundo mayor velocidad que el que lo precede; porque siendo las dos corrientes producidas por sus generadores respectivos de la misma intensidad, y marchando en direccion contraria, se destruirian mútuamente, no produciendo efecto ninguno en los aparatos de alarma.

Hay muchos medios de resolver esta cuestion (1).

El primero, y tal vez el mas ventajoso por su sencillez, seria emplear como generador del flúido uno de los aparatos magneto-eléctricos ordinarios, en el cual se suprimiera el conmutador ó inversor que sirve para hacer marchar siempre la corriente en la misma direccion. Sin esta pieza, y poniendo directamente los extremos del alambre del electro-iman en comunicacion, uno con la tierra, y el otro con el conduc-

(1) Du Moncel, en su *Tratado de aplicaciones de la electricidad*, califica de complicado lo que proponemos, y da una solucion que él cree mas sencilla; en el último capítulo nos harémos cargo de su crítica.

tor general, se tendrán en el circúito dos corrientes alternadas inversas, cuyos intervalos dependen de la velocidad que se dé al iman. Ahora bien, estando el eje de este prolongado de manera que se le pueda encajar una polea de trasmision, y recibiendo esta polea el movimiento del eje de un carruaje, ó de cualquier otro motor, por medio de una correa sin fin, sucederia que la velocidad del iman (ó la del electro-iman, si es este el que se mueve) seria proporcional á la que llevara el tren; los intervalos, ó sea la duracion de cada corriente, serian tambien proporcionales á dicha velocidad, y no podria menos de haber señal en dos trenes que se siguieran uno á otro, al entrar en el mismo trozo del conductor; porque á cada vuelta de las ruedas hay un momento en que las corrientes de ambos generadores se suman en vez de destruirse, á menos que los dos trenes marchen exactamente con la misma velocidad, en cuyo caso no hay peligro, y no se necesita por consiguiente la señal.

Esta igualdad absoluta en las velocidades, pero acompañada entonces de peligro, podria ocurrir con dos trenes que marcharan en direccion contraria, y aunque casi imposible, porque seria menester que, además de tener un movimiento uniforme, hubiera empezado en ambos al mismo tiempo y en la misma situacion del iman con respecto á su armadura; aunque improbable, decimos, conviene prevenir este caso, y nada es mas sencillo; porque basta variar un poco en todos los trenes el diámetro de las poleas de trasmision de movimiento, para que desaparezca toda probabilidad de peligro.

Si las corrientes en los aparatos magneto-eléctricos son alternadas, y es preciso para obtenerlas siempre en la misma direccion emplear un inversor, que nosotros debemos suprimir, puesto que lo que necesitamos son corrientes alternadas, se sigue naturalmente que para aplicar á nuestro sistema las pilas voltáicas, que producen siempre las corrientes en la misma direccion, no hay mas que añadirles los mismos conmuta-

dores que suprimimos en los aparatos magneto-eléctricos ordinarios para tenerlas alternadas.

Un inversor á propósito para este objeto exige una mencion particular, porque debe reunir muchas condiciones, entre las cuales, las mas esenciales son : sencillez, economía y solidez suficiente para que no se descomponga á cada momento. Debe además mantener el contacto continuamente y de una manera segura; y ser, en fin, de una construccion tal, que al mismo tiempo que se efectúe el cambio de la corriente con una velocidad proporcional á la del tren en que va colocado, los intervalos entre los cambios sean diferentes en todos los trenes, por la razon que hemos expuesto en el penúltimo párrafo.

El inversor que reune, á nuestro modo de ver, mejor que ningun otro, las circunstancias arriba dichas, análogo al de Ruhmkorff, descrito en la pág. 303, consiste en un cilindro de madera, marfil, goma elástica vulcanizada ó cualquiera otra materia no conductora de la electricidad (figura 263) cubierto casi enteramente por dos planchas metálicas *a a*, que no se tocan, es decir, que están aisladas una de otra por las bandas *c c*, que quedan sin cubrir. Estas planchas no van hasta los bordes del cilindro en toda su superficie, y sí solo por un

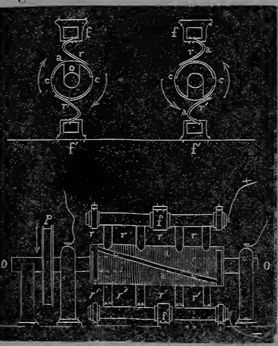


Fig. 263.

apéndice que no solo llega, sino se dobla por el lado de la base, y va á unirse al eje metálico *O*, que como se ve en la figura, está dividido en dos trozos, que no se tocan; se establece pues el contacto entre las planchas y los trozos de eje; pero el apéndice de una de las primeras no debe prolongarse mas que por una de las bases del cilindro, mientras el de la otra se prolonga solamente por la base opuesta, y así cada una de ellas no está en relacion sino con uno de los trozos del eje.

Si se colocan á un lado y á otro del cilindro frotadores aislados *f f'*, compuestos de resortes de acero que se apoyen contra aquel, de manera que cuando los *r r* de un frotador estén en contacto con una de las planchas, los *r' r'* del segundo apoyen contra la otra; y si el frotador *f* está en contacto con el polo positivo de la pila, y el *f'* con el negativo, resultará que las dos planchas recibirán alternativamente las dos electricidades, segun los resortes que las toquen, y las trasmitirán á los cojinetes del eje, ó á otros resortes que froten continuamente contra este: ya sean los resortes, ya los cojinetes, deben estar aislados, y poniendo el de un lado en comunicacion con el conductor general, y el del otro con la tierra, se obtendrá en el circúito formado por ellos un cambio de corriente cada vez que el cilindro dé media vuelta.

Prolongado el eje del cilindro de manera qus se le pueda encajar la misma polea *P* de trasmision que hemos citado al hablar de los aparatos magneto-eléctricos, no habrá mas que trasmitirle el movimiento de uno de los ejes de la locomotora ó de cualquiera de las piezas que le hicieran dar vueltas al ponerse en marcha el tren; los efectos serán los mismos que con las máquinas electro-magnéticas, si se toman las mismas precauciones, y será imposible que dos trenes puedan aproximarse sin recibir una señal; porque los polos de nombre contrario se pondrán en presencia casi inmediatamente, si no lo estaban ya desde el momento en que los dos trenes entraron

en comunicacion por medio de uno de los alambres del conductor general.

Nos parece muy importante adaptar para el movimiento del inversor, mejor que un mecanismo de relojería, como han propuesto algunos, el que le comunica un eje ó una pieza cualquiera de la locomotora ó del ténder en relacion con la marcha del tren; porque entonces, no solamente el movimiento del inversor es proporcional á la velocidad del tren, sino tambien porque el aparato no marcha cuando el tren está detenido, caso en que no es necesario, y el deterioro seria infinitamente menor.

Se comprende fácilmente la razon por qué no es necesario que dé vueltas el inversor de un tren detenido, cuando el que viene marchando hácia él trae el suyo en movimiento, lo que sí es necesario es que la comunicacion entre el conductor general y la tierra no se halle interrumpida por el conmutador, para lo cual los resortes *r r r* y *r′ r′ r′* no deben formar una línea recta paralela al eje del cilindro, porque podria este pararse cuando todos los resortes se hallaran sobre la faja no metálica *c c*, la corriente se interrumpiria en este punto, y los trenes se juntarian sin haber habido señal; es necesario pues que los resortes de los frotadores se hallen escalonados, de manera que cuando el primero entre en una de las planchas, el último no haya dejado de estar en contacto con la otra. Esta precaucion, además de ser completamente eficaz, y de alejar todo peligro, tiene la ventaja de disminuir el efecto de la extra-corriente, cuyas chispas destruyen con el tiempo las superficies metálicas en que se verifica la interrupcion, como hemos tenido ocasion de ver en los capítulos anteriores.

El tercer medio que creemos á propósito para resolver el problema de evitar que dos trenes puedan cerrar un circúito en que hay dos generadores eléctricos, sin hacer señal de alarma por efecto de la destruccion de las dos corrientes, consis-

te en emplear *pilas diferenciales;* es decir, pilas cuyas corrientes no sean de la misma intensidad.

Se sabe que dos corrientes opuestas en el mismo circúito no se destruyen sino cuando son sensiblemente iguales; pero en el caso contrario, quedará una corriente en la direccon de la mas fuerte y de una intensidad igual á la diferencia de ambas; se podria pues hacer de manera que la pila de cada uno de los trenes fuese de una intensidad tal, que la corriente resultante, en el caso en que dos polos del mismo nombre se encontrasen en presencia, fuese bastante fuerte para obrar sobre los electro-imanes de los *relevos* ó aparatos reotómicos interpuestos en el circúito, y cerrar por consiguiente otro circúito local, provisto de su pila y de un aparato de alarma.

Esta idea parece á primera vista inaplicable, por el gasto mayor en pilas y el espacio considerable que exigiria en los trenes, si se tratara de aplicar á una línea de importancia; pero á poco que se reflexione, desaparece este equivocado concepto. Efectivamente, se recordará que dos trenes no pueden marchar uno contra otro, sin cerrar un circúito en que las dos corrientes se sumen en vez de destruirse, con tal de que todos los trenes que vayan en la misma direccion tengan siempre el polo positivo en contacto con el conductor general, y que todos los que marchen en direccion contraria tengan el polo negativo en comunicacion con dicho conductor. Hemos demostrado que no habia peligro en tener pilas de igual intensidad, sino para los trenes que parten del mismo punto y en la misma direccion; y se concibe cuánto se simplifica el problema con esta circunstancia.

Aun suponiendo que no se tuviera cuenta en las estaciones intermedias del número de elementos de que se compone la pila de cada tren que pasa (cosa bien fácil de verificar sin detenerse), y que en las principales no se tuviera una noticia exacta de la llegada de los trenes á los diferentes puntos; suponiendo además que se descuidaran todas las precauciones que se tienen hoy, que no deben descuidarse nun-

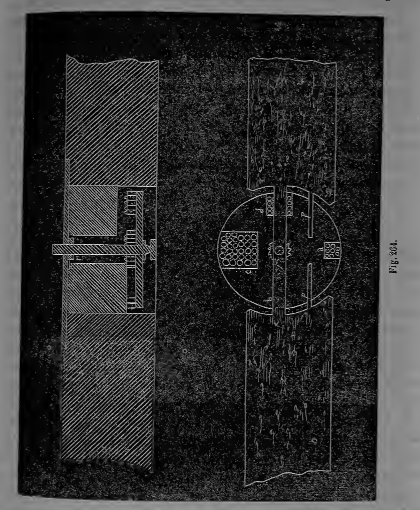
ca; aun con todas esas circunstancias, no habria peligro, con tal de que hubiese pilas de tres ó cuatro intensidades diferentes, que se sucedieran con cierto órden, de manera que los trenes provistos de pilas iguales en intensidad tuvieran siempre entre sí dos ó tres de intensidad diferente, lo que evitaria un encuentro, aun con la reunion de las circunstancias mas fortuitas; tal seria, por ejemplo, la de que, viéndose un tren obligado á detenerse, ó á volver atrás, ó á retardar su marcha, fuese alcanzado por el tercero ó cuarto que hubiera salido despues de él, habiendo tenido que detenerse los otros en las estaciones intermedias. Para que ocurriera una desgracia con esta reunion de circunstancias, era preciso, mas que un descuido, siempre punible, lo decimos sin vacilar, la firme intencion de ocasionar ese conflicto.

Si despues de haber visto que bastan tres ó cuatro pilas diferentes, se considera la longitud del circúito en que deben obrar (de 2 kilómetros próximamente), y la débil corriente que se necesita para mover la armadura del electro-iman de un relevo, no será difícil comprender que ni el gasto, ni el espacio necesario donde colocarlas en los trenes, puede ser un obstáculo sério para el empleo de las pilas diferenciales; porque aun en el caso en que fuera necesaria una diferencia de diez elementos (modelo pequeño), las pilas mas fuertes serian de cuarenta, que pueden encerrarse en una caja poco voluminosa.

En cuanto á los cuidados reglamentarios que habria que tener para su servicio, reducido á poner siempre los polos de la pila del mismo lado y á guardar cierto órden en la intensidad de los generadores, es casi inútil hablar, porque su sencillez es manifiesta; pero si se temiera que el empleado encargado de hacer ese servicio pudiera equivocarse, se haria uso de aparatos verificadores.

El destinado á guardar cierto órden en la intensidad de las pilas que fueran colocándose en los trenes, puede consistir en una especie de torno como el representado en la figu-

ra 264, que no gira mas que hácia un lado, por medio de una rueda dentada con su fiador; está dividido en varios compar-



timentos *a b c d*, exactamente del tamaño de cada una de las pilas, y dispuestos en el órden en que estas deben emplearse.

No habria equivocacion posible si los empleados del telégrafo por un lado de la pared divisoria, en que se hallase

el torno, llenaran siempre los compartimentos vacíos con las pilas correspondientes, y los mozos del tren que estuviese para salir tomaran por el otro una, que no podria ser sino la que tuvieran delante; es decir, la que correspondiera; porque el torno no ha de poder cambiar de posicion, aunque se quiera, mientras no se quite la pila del compartimento exterior, como lo hace ver la figura 264: *a* representa en ella la pila que ha de colocarse en el primer tren pronto á salir, de veinte elementos por ejemplo; el mozo no puede tomar otra, porque la de diez se supone ya empleada; el torno gira solo hácia la izquierda y la pila de veinte no puede volver atrás; tampoco marchará hácia adelante ni habria peligro de coger la de treinta, porque la tabla ó pared *p* no deja marchar el torno sino cuando se ha quitado la pila que tropieza en ella; ni estas pueden sacarse, sino corriéndolas horizontalmente hácia adelante, como el cajon de una mesa. No queda por lo tanto lugar á error con semejante disposicion.

Para asegurarse de que los polos del generador están bien colocados, de que el comunicador, que ha de trasmitir la corriente al conductor general, se halla á una altura conveniente y bien aislado; en fin, que todo está en regla en la locomotora, podria ponerse á la salida de la cochera ó de la estacion de depósito una especie de aparato de prueba, compuesto de tantas pilas como intensidades diferentes se hubiese juzgado conveniente emplear, cuatro por ejemplo, y hacer comunicar cada una de ellas, por el polo positivo (si el tren debe llevar el positivo en tierra), con un conductor ó alambre especial, dispuesto á la misma altura y de una manera semejante á la del conductor general. Si cada pila tiene su aparato indicador, la locomotora, al pasar, cerrará tantos circúitos como pilas hay, y no estará perfectamente en regla sino cuando haya producido el mismo número de señales, porque teniendo su generador eléctrico el polo contrario al de las pilas fijas en contacto con los alambres de prueba,

se halla en el caso de un tren que va encontrando otros cuatro que marchan en direccion contraria, y cuyas corrientes se suman á la suya para producir la señal. Si los polos del generador montado en el tren se hallan invertidos, se conocerá que es preciso cambiarlos, porque faltará la señal correspondiente á la pila de la misma intensidad; es decir, que si se dejara así, habria peligro de que dos trenes marchando en direccion contraria no se dieran señal mútuamente, por ser de la misma intensidad sus pilas y no llevar los polos en la posicion conveniente. Si todas las señales faltasen, la causa seria mas grave, y provendria de que la pila montada en el tren no iba en regla, de que la comunicacion se hallaba interrumpida; en una palabra, que seria peligroso fiarse en los aparatos sin visitarlos y arreglarlos.

Del conductor general.

La disposicion del *conductor general* es muy importante, porque forma una de las partes esenciales del sistema. Sin la que hemos indicado, seria imposible recibir señales en los trenes en un punto cualquiera de su trayecto, con la circunstancia necesaria (si no se quiere traspasar su objeto y hacer perjudiciales estas comunicaciones) de producir la alarma solamente cuando es indispensable; es decir, cuando la distancia de un tren á otro, á la estacion ó á un peligro, exige que el maquinista tome precauciones para evitar un accidente.

El *conductor general* no puede constituirlo un alambre continuo que vaya de una estacion á otra, porque entonces las señales se trasmitirian á una distancia mayor que la necesaria; y por otra parte, si siendo único, estuviera interrumpido, es decir, compuesto de trozos, unos á continuacion de otros, sin comunicacion metálica entre sí, dos trenes que marcharan uno hacia otro podrian encontrarse en las soluciones de continuidad. *Es preciso pues que el conductor general esté formado de dos séries de trozos paralelos, cuyas inter-*

rupciones estén alternadas ; es decir, que el intervalo entre dos trozos de una série corresponda al centro de cada trozo de la otra (figura 261).

La longitud de cada uno de estos trozos 1—1, 2—2, 3—3, etc., debe determinarse segun la fórmula

$$L = 2v + a;$$

siendo L la longitud de cada trozo de alambre; v el doble de la distancia que un tren puede recorrer, despues de haber recibido la señal y echado los frenos, cuando va con el máximum de velocidad; y a la distancia mínima que los ingenieros juzguen prudente dejar entre los trenes despues de haber detenido enteramente su marcha.

Hemos preferido dar una fórmula general para la longitud de los alambres, en vez de fijar desde luego la distancia á que debe recibirse la señal en los trenes; porque si bien auxiliados por el ingeniero del ferro-carril del Mediterráneo, D. Meliton Martin, hemos hecho varias pruebas que la determinan para este camino, creemos indispensable repetirlas en cada uno, antes de establecer en él nuestro sistema.

Hay en efecto muchas causas que pueden hacer variar la longitud de los trozos del conductor general; tales son la naturaleza del camino y del servicio á que está destinado; las circunstancias de su trazado y ejecucion, y la especie y calidad del material, particularmente la de los frenos. En las citadas pruebas entre Madrid y Albacete, el resultado obtenido en la mayor de las pendientes del camino, que es de 9 milímetros, con un tren compuesto de diez y ocho carruajes de mercaderías, de seis toneladas cada uno, y bajando con una velocidad de 60 kilómetros por hora, fué que el tren recorria una distancia de 500 á 600 metros antes de detenerse completamente, desde el momento en que se recibia la señal, se cerraba el regulador y se echaban los frenos, que eran dos para los diez y ocho carruajes. Aplicando estos datos á la fórmula, resultaria la longitud de los alambres de

2,500 metros, si se conceptuara que 100 metros son suficientes para el valor de *a;* pero esta longitud seria, como es fácil observar, para el caso en que hubiera dos pendientes iguales é inversas, y que los dos trenes las bajaran al mismo tiempo para ir á encontrarse en la parte inferior. No basta, pues, considerar solo la velocidad máxima que lleven los trenes extraordinarios en cada camino, y la naturaleza y número de los frenos, sino que tambien es preciso aumentar ó disminuir la longitud de los trozos del conductor general, segun sean las pendientes y la manera como se hallan combinadas; porque el tren que bajando una cuesta de 9 milímetros, recorre 600 metros despues de quererlo detener, anda apenas 200 metros con las mismas circunstancias en un trozo de via á nivel, y si para evitar un encuentro entre dos trenes que bajan en direccion contraria de pendientes de nueve milímetros se necesitan cuando menos 1,200 metros de intervalo al recibir las señales, bastan tal vez 500 cuando el uno suba y el otro baje la misma pendiente; porque la accion de la gravedad retardará en la marcha del uno lo que haya acelerado en la del otro, razon por la cual el problema se simplifica hasta cierto punto, y podria considerarse para este efecto como de nivel toda la extension de una via férrea en que no hubiera mas que una pendiente regular, por rápida que fuera; pero como podrian hallarse pendientes encontradas, unidas por el punto mas bajo, y combinaciones de una pendiente rápida con otra mas suave ó con un trozo de nivel, deben considerarse tres casos para la determinacion de la longitud de los alambres que han de formar el conductor general: 1.° trozos á nivel ó de pendiente constante y regular; 2.° trozos de pendientes encontradas, unidas por el punto mas bajo; 3.° puntos en que se reune una pendiente con un trozo de nivel ó con otra pendiente mas suave.

Si con las condiciones arriba dichas para los trenes, estos recorren 200 metros en una línea de nivel, y 600 en una pendiente de 9 á 10 milímetros, será preciso que los alam-

bres tengan para el primer caso de 900 á 1,000 metros, para el segundo, de 2,500 á 2,600, y para el tercero, de 1,700 á 1,800, es decir, el doble de lo que tarda en detenerse cada uno de los dos trenes, el que baja y el que recorre el trozo de nivel, mas el intervalo *a* que debe quedar entre ellos.

Se preguntará tal vez por qué recorriendo los trenes solamente una distancia de 500 metros, por ejemplo, despues de recibida la señal y tomadas sus precauciones, ponemos en la fórmula una longitud cuádrupla de esta, puesto que *v* es el doble de dicha distancia. Para comprenderlo fácilmente examínese la figura 261, y recordemos lo que se ha dicho acerca de la necesidad de que el conductor se componga de dos séries ó líneas de trozos de alambre.

Hemos demostrado que si el conductor general fuera de un solo trozo que llegase de una estacion á otra, los trenes recibirian la señal antes de tiempo, y no habria ventaja ninguna en sustituir, ó mejor dicho, añadir este sistema al telegráfico que ya existe en todos los caminos de hierro bien organizados. Si el conductor se compusiera de trozos aislados unos de otros, como debe ser, no existiendo comunicacion eléctrica entre ellos, dos trenes podrian venir á chocarse en la interrupcion; era pues indispensable establecer las dos séries de trozos, alternados como lo indica la figura 261, aislados entre sí, pero inmediatos, para que el comunicador que lleva cada tren pueda tocar á ambas séries á la vez.

Hallándose los dos trenes en la posicion *T T'* que indica la figura, y marchando con la misma velocidad, entrarian ambos á un tiempo en el trozo 6—6, recibirian la señal, y se pararian á tiempo en b''', aun cuando la longitud de aquel no fuera mas que *v*, es decir, el doble de la distancia que recorre uno de ellos por la velocidad adquirida; pero como puede suceder, y será el caso mas frecuente, que uno de los trenes se halle en la posicion T'' ú otra análoga, ó lo que es igual, que no entren al mismo tiempo en el trozo de alambre que ha de protegerlos, resulta que la longitud *v* no bastaria,

y se chocarian antes de extinguir la velocidad que llevaran; hay que buscar por lo tanto el caso mas desfavorable, y hacer el cálculo con arreglo á él; este caso es indudablemente el que representa la posicion respectiva de los dos trenes en T y T', porque cuando el primero entrara en el alambre 6—6, ya T' tendria recorrida la mitad de él, y no quedaria para protegerlos sino la otra mitad, que debe equivaler, por consiguiente, al doble de la distancia que recorre un tren despues de recibida la señal y tomadas las disposiciones para detenerse; y además el intervalo prudencial a que debe quedar entre ellos, y sirve para prevenir un retraso en la maniobra.

Examínense todas las posiciones posibles de dos trenes, y se verá que no hay otra mas desventajosa; porque si el tren T' no hubiera llegado á b''', cuando T entrara en el trozo 6—6, el intervalo que quedara entre ellos seria mayor de lo necesario; si por el contrario T' aumentara su velocidad, y pasara de b''' antes de que T llegara á 6—6, entonces este no habria dejado el alambre 4—4 cuando aquel llegara al 5—5, y este último seria entonces el alambre protector, que se hallaria en alguno de los casos que hemos explicado para el 6—6.

No es solo la longitud de los trozos de alambre lo que hay que considerar en el *conductor general;* la manera de aislarlo perfectamente, así como la sustancia de que deba hacerse, son puntos esenciales, que merecen ocupar un momento nuestra atencion. Si no hubiera que cuidar mas que de obtener un conductor lo mas perfecto posible, bastaria recordar las leyes emitidas en los capítulos anteriores, y veriamos por ellas que una barra de cobre de gran seccion, montada sobre aisladores de goma laca, llenaria mejor que ningun otro conductor la condicion de trasmitir el flúido eléctrico rápidamente y sin pérdida sensible; pero además de que el cobre y la goma laca son sustancias demasiado caras para emplearse de esa manera, seria un gasto completamente inútil, porque un circúito tan pequeño como el que necesitamos cerrar no

exige tan grandes precauciones; la resistencia que oponen á la corriente dos metales distintos no difiere tanto, que pueda influir en su velocidad ó en su fuerza, para dejar de obtener el efecto que nos proponemos; basta pues, en nuestro concepto, por mas que el *Genie industriel* (1) haya dicho lo contrario, un alambre de hierro galvanizado, de 3 á 4 milímetros de diámetro, idéntico al que se usa para los telégrafos ordinarios; en estos una pila de catorce elementos hace sonar un aparato de alarma en un circúito de 500 á 600 kilómetros; ¿por qué no habria de obrar tambien un electro-iman á impulsos de la misma corriente, en un circúito de 2 kilómetros cuando mas? La experiencia ha confirmado, por otra parte, esta fundada suposicion, y es ya un hecho demostrado que no se necesitan para nuestro objeto barras de gran seccion, sino alambres de poco diámetro, y que son preferibles los de hierro á los de cobre, porque además de ser mas baratos, resisten mejor, por su elasticidad, á los efectos de la contraccion y dilatacion; los de cobre, una vez extendidos por el calor, recobran difícilmente el estado de tension que han perdido; cosa que no sucede en tan alto grado con los de hierro.

Sea barra, cinta ó alambre lo que quiera que constituya el conductor general, lo esencial es que sea metálico y que esté montado sobre aisladores de una construccion particular, que permita la comunicacion continua entre dicho conductor y el generador eléctrico montado en el tren; comunicacion que luego verémos cómo se establece, pero que por el pronto conviene indicar se obtiene haciendo frotar el comunicador contra el conductor; debe este pues hallarse colocado de manera que no presente obstáculos á la frotacion de aquel.

En los ensayos que hemos hecho ya, hemos empleado varias clases de aisladores. Nos hemos servido de los de porcelana, vidrio, goma elástica vulcanizada y de los de ma-

(1) Tomo XI, pág. 173.

dera con un baño de gutta-percha : estos últimos tienen la ventaja de ser poco costosos; pero para un servicio permanente podria suceder que los de porcelana fueran mas convenientes, como menos expuestos á deteriorarse.

En cuanto á la forma, deben ser semejantes á los que se emplean en las líneas telegráficas del ducado de Brunswich, los cuales están representados en la figura 265, sobre una horquilla de hierro, que permite colocarlos en un mismo poste; porque se necesita que vayan pareados y á una distancia conveniente. Esta distancia (de 10 á 15 centímetros), lo mismo que la dimension que hemos dado á los aisladores (30 centímetros), en nuestros primeros ensayos, era necesaria á causa del empleo de la electricidad estática, y del comunicador en forma de fleco de la figura 266; porque era preciso que la

Fig. 265.

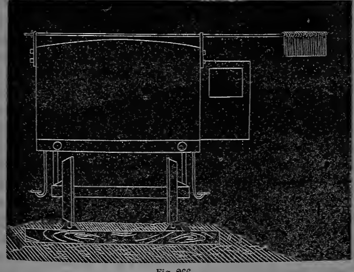


Fig. 266.

electricidad no pudiera comunicarse de un alambre á otro sino cuando fuera menester, y que el fleco, al paso que tocara al conductor general en el punto mas bajo de su inflexion, no

se destrozara contra los postes ni las barras de hierro que sostenian los aisladores de 50 en 50 metros. Pero con un comunicador de nueva forma, de que hablarémos mas tarde, podrán reducirse sus dimensiones á 5 ó 6 centímetros; permitirá además ponerlos directamente en los postes, sin la larga horquilla de hierro, que aumenta el gasto de una manera considerable (figura 267). El precio de los aisladores quedaria entonces reducido á la cuarta parte, ó tal vez á menos.


Fig. 267.

Como los alambres de un telégrafo ordinario, los del conductor general deben estar tendidos, y aun para este caso convendria que lo estuvieran siempre de la manera mas perfecta posible; por consiguiente, no solo se necesitan los mismos aparatos tensores, de que hemos hablado ya, ú otros semejantes, sino que para disminuir la sagita del pandeo de los alambres, deben menudearse los postes cuanto se pueda, sin hacer subir demasiado los gastos de instalacion; estos son menos importantes de lo que parece á primera vista, si se atiende á la clase de postes, que como dirémos dentro de poco, nos parecen preferibles, y cuyo valor no excede de 5 á 6 rs. Estamos persuadidos de que colocados los postes á una distancia de 20 á 30 metros unos de otros, la sagita de la curva formada por el alambre no pasaria de 15 centímetros, aunque no se emplearan mas tensores que en los telégrafos ordinarios, es decir, 1 por cada kilómetro. Conviene aquí prevenir el caso de ruptura de los alambres, producida por una baja de temperatura cuando se hallan excesivamente tendidos: si se observara este caso con frecuencia, que no lo creemos, podria terminarse el alambre, junto á los aparatos de traccion, en unos resortes de espiral, templados de manera, que cedieran al esfuerzo grande que hace el alambre al contraerse, y no por la simple accion de los tensores que lo mantuvieran tendido.

Nosotros creimos en un principio, y esa idea la emitimos ya en una memoria que publicamos antes de hacer ensayos en grande escala, que seria tal vez mas ventajoso colocar el conductor general entre las dos barras-carriles que forman la via; pero la experiencia nos ha probado que no puede aplicarse con ventaja ese método sino en ciertos y determinados casos, cuyo número es muy reducido; primero, porque las locomotoras tienen por lo regular el cenicero muy bajo, y en algunos ténders el depósito de agua llega casi al nivel de las barras-carriles, de modo que habria que poner el conductor general tan cerca del suelo, que estaria expuesto á descomponerse, no solamente por un objeto cualquiera que se desprendiera del mismo tren, sino tambien por los empleados que recorren la via; además estaria sujeto á perder, sobre todo en tiempos de nieve, el aislamiento que le es tan necesario; pues si bien los curiosos experimentos de Palagi, que hemos mencionado en el capítulo VI, nos hacen esperar que algun dia podrá aplicarse nuestro sistema sin conductor aislado, con solo preparar y establecer convenientemente las interrupciones en las barras-carriles, no es fácil ahora hacer la aplicacion inmediata, cuando con todas las precauciones y seguridades que es dable tener, miran los mas con desconfianza el empleo de la electricidad en los caminos de hierro. Pero volviendo á los inconvenientes que presenta la colocacion del conductor general en medio de la via, añadirémos á los citados, el de que los trabajos de reparacion que exige continuamente un camino de hierro, y que obligan á cambiar las traviesas ó á levantarlas de vez en cuando, serian un nuevo obstáculo para esta disposicion.

La que nos parece preferible consiste en colocar el conductor á un lado de la via ó en la entrevia, como lo indican las figuras 268 y 269, trazadas segun los datos tomados en el camino de hierro de Orleans, seccion de Juvisy á Corbeil, y segun las dimensiones de una locomotora de las mas anchas que se han construido. En los caminos de una sola via, como

el de la figura 268, no hay dificultad ninguna que temer de esa disposicion lateral del conductor; en los de dos vias podria colocarse el conductor de tres maneras : ya cuidando siempre de que quedara del mismo lado, fuese á la derecha ó á la izquierda en ambas vias, en cuyo caso uno de los conductores quedaria en la entrevia; ya poniéndolos ambos á los lados de las barras-carriles exteriores, y por consiguiente, el uno á la derecha y el otro á la izquierda de la via que proteja; ya en fin, colocándolos ambos en la entrevia, como lo representa la figura 269; en los dos últimos casos habria que modificar el comunicador de la manera que explicarémos cuando hablemos de esta parte del sistema.

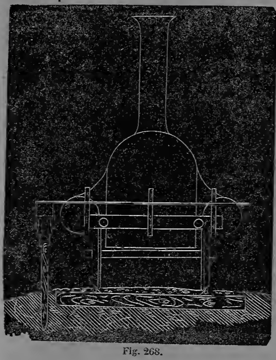
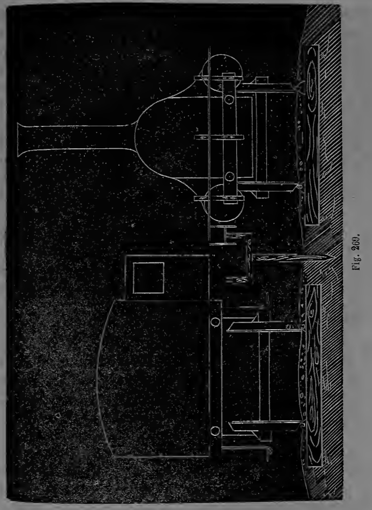


Fig. 268.

Ya se coloque en los costados ó en la entrevia, el conductor general debe conservar las condiciones que hemos indicado, y son : la de mantenerse perfectamente aislado aun en tiempo de nieve ó de grandes avenidas; tener los alambres bien tendidos, con el menor pandeo posible, y que ni los transeuntes ni los objetos que caigan de los trenes puedan estropearlo. Estas condiciones las reune en las figuras 268 ó 269. Los alambres en ellas se suponen colocados sobre aisladores de la manera dicha, y estos fijos á unos postes de 1 metro de altura, de una seccion bastante fuerte para que no se

doblen con el peso de los alambres tendidos, y colocados de 20 en 20 metros. Si los conductores de ambas vias se pu-


Fig. 269.

sieran en la entrevia, podria servir el mismo poste, con solo añadirle la traviesa y tornapuntas que se ven en la figura 269: de esa manera se hallan bastante léjos uno de otro, para que no pueda temerse un choque entre los comunicadores de dos trenes que marcharan cada uno por su via, y bastante apar-

tados tambien de su propia via para no temer el paso de los estribos mas salientes de los carruajes. La altura de 1 metro sobre el nivel de las barras-carriles á que permite ponerlo el material del camino de hierro de Orleans, seria igual, con poca diferencia, para los demás, y al mismo tiempo que lo separa del suelo bastante para conservar su aislamiento en todas ocasiones, lo resguarda del encuentro de una portezuela que pudiera quedar abierta por descuido.

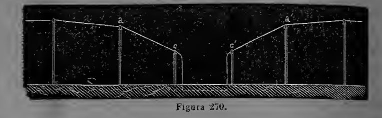


Figura 270.

El conductor general se estableceria á lo largo de un camino de hierro, sin mas precauciones que las ya indicadas, si no hubiera en él cruzamientos, pasos de nivel, agujas y otros inconvenientes, que se oponen á que sea continua la disposicion propuesta; en cada uno de estos casos es menester que el conductor, sin dejar de ser continuo y sin perder su aislamiento, permita libremente el paso de los trenes, carruajes ó transeuntes que tienen que atravesar ciertos puntos de la via; para ello es menester que al llegar al cruzamiento, paso de nivel ó punto á que pudiera servir de obstáculo, se cubra con una capa de gutta-percha ú otra sustancia aisladora, atraviese enterrado los 4, 6 ó mas metros que debe dejar libres, y salga del otro lado para seguir en la forma ordinaria (figura 270). Lo que sucede en este caso, es que el comunicador dejaria de estar en contacto con el conductor general durante una fraccion de segundo, tiempo demasiado corto para que influyera lo mas mínimo en la seguridad del tren; podria sin embargo evitarse esto, con solo establecer en él dos comunicadores, distantes uno de otro un intervalo algo mayor que la longitud del alambre enterrado, y unidos entre

sí por un alambre aislado; resultaria que cuando el primero cogiera otra vez el conductor, despues de haber pasado la interrupcion, el segundo no lo habria dejado todavía.

Se observa en la figura 270 que el conductor, antes de enterrarse por uno y otro lado, baja de un poste de los ordinarios *a* á otro mas pequeño *c*, y esto es indispensable para que el comunicador, que ha de ir frotando contra el conductor, y que al llegar al último poste *a*, debe naturalmente bajar, no choque contra el poste *a'* al pasar de la interrupcion, sino que vuelva á apoyarse en él, subiendo suavemente por el plano inclinado *c' a'*, que forman los alambres.

En los ensayos verificados en el ferro-carril del Mediterráneo, donde por economía y para ganar tiempo, aprovechamos los postes mismos del telégrafo y establecimos el conductor general á $3^m,50$ de altura sobre el nivel de las barras-carriles (1),

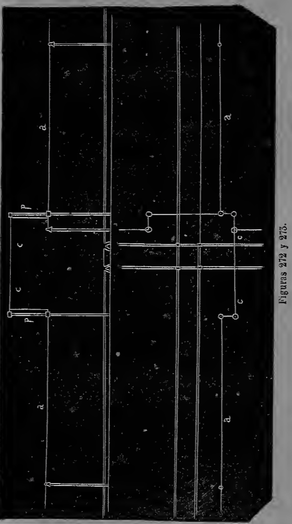
(1) A pesar de esto y de la circunstancia desfavorable de hallarse los postes á 50 metros unos de otros, los ensayos dieron el resultado que podiamos apetecer;



Fig. 271.

el conductor general distaba $1^m,70$ en la horizontal de las barras-carriles exteriores, apoyado en unas horquillas, como lo representa la figura 271, para que dicha distancia fuera siempre la misma, á pesar de la irregularidad de la de los postes.

nos valimos de otro medio para que el conductor, sin necesidad de estar enterrado, no presentase el menor estorbo en los cruzamientos y pasos de nivel. Este medio, que deberia adoptarse siempre que el conductor se hallara elevado, ya en un costado de la via, ya en la entrevia, pero sobre los trenes, como dirémos despues, tiene la ventaja de mantener el alambre siempre á la vista de los empleados, y seria menos expuesto por lo tanto que se interrumpiera la continuidad del conductor sin que se notase; á pesar de eso, no nos atrevemos á asegurar que sea mejor que cuando se halle enterrado, pues sabido es el poco peligro que corren los alambres en esta disposicion, sobre todo en un espacio tan corto y fácil de vigilar.



Figuras 272 y 273.

Las figuras 272 y 273 representan la disposicion indicada; consiste en apartar el conductor general *a a* antes de lle-

gar al cruzamiento, y allí hacerlo subir por medio de aisladores fijos sobre unos postes á una altura *p p* suficiente para permitir la circulacion por debajo de *c c*, desde donde va á coger la línea *a a* con las mismas precauciones. Esto, como se ve, equivale á enterrar el alambre, y queda siempre una interrupcion insignificante, para la cual es inútil que repitamos las mismas observaciones, pues serian idénticas, no teniendo que variar en nada la disposicion de los aparatos en el tren ni la del comunicador.

No sucederia lo mismo si el conductor general se hallara establecido en la vertical de la via, entre las dos barras-carriles, pero á una altura mayor que el techo de los carruajes; esta disposicion, que dudamos pudiera convenir en circunstancias que no fueran muy especiales, como la de haber túneles con frecuencia y poco separados unos de otros; esta disposicion, decimos, exigiria un comunicador diferente del que convendrá usar para el conductor colocado al lado de la via ó en la entrevia, á una altura de 1 metro poco mas ó menos, que lo volvemos á repetir, es la que creemos mas conveniente.

No podemos, sin embargo, dejar de hablar de un medio de establecer el conductor general, con el cual se evitarian los inconvenientes que creen encontrar algunos en las disposiciones que hemos explicado. En estas, como ha podido comprenderse, el conductor general se halla siempre á la misma distancia y á la misma altura de las barras-carriles; en una palabra, paralelo á ellas, para que el comunicador que va en el tren se halle siempre en contacto, y lo vaya frotando, por decirlo así, en toda la extension del camino. Dejando á un lado las objeciones relativas al pandeo del alambre, á la inseguridad por la mala voluntad de los transeuntes y las demás que no merecen la pena de refutarse, ó que se han contestado ya victoriosamente, nos harémos cargo de otra, que aunque no menos infundada, segun demostramos en diferentes pasajes de este capítulo, creemos poder resolver

tambien, si se encuentra necesario, con solo variar la manera de colocar el conductor general. Algunos caminos, se ha dicho, tienen las obras de arte, y particularmente los túneles, tan estrechos, que no darian lugar á la disposicion lateral del conductor. No creemos posible, en primer lugar, que haya ningun túnel, puente ni obra de arte, de cualquiera especie que sea, que no tenga, desde las barras-carriles exteriores hasta la pared de la obra, una distancia cuando menos igual á la mitad de la entrevia, y esta basta para establecer el conductor. Pero demos por supuesto que no es posible realmente; ¿habria por eso necesidad de renunciar al sistema de señales que presentamos? Seguramente que no, si la vida de los viajeros se tiene en algo mas que lo que se ha tenido hasta ahora, y no se pospone su conservacion al mezquino deseo de hacer economías mal entendidas, que pudiéramos muy bien llamar falsas, porque salen al fin mas caras que la adopcion de un sistema cualquiera.

El conductor general podria establecerse, como otro alambre cualquiera, entre los de la línea telegráfica, y á la distancia que se quisiera; pero seria preciso de trecho en trecho hacer derivaciones, ya enterradas, ya al nivel del suelo, y por consiguiente bien aisladas, que vinieran á parar debajo ó al lado del tren, terminando en una rodajita ó resorte de metal, exactamente debajo de los estribos, para ponerse allí en contacto con una plancha ú hoja metálica bien aislada, que corriera á lo largo de todo el tren, ó cuando menos, de la locomotora y de su ténder. Se concibe muy bien que si los intervalos entre dos derivaciones fuesen iguales ó menores que la longitud de la plancha aislada que constituyera el comunicador, este no dejaria de estar nunca en contacto con el conductor general; porque haria el mismo efecto que explicamos al hablar de las interrupciones en los pasos de nivel, salvadas como si no existieran, con solo poner dos comunicadores; allí uno de estos no dejaba el conductor general antes de que el otro, despues de haberlo abando-

nado, lo recobrara otra vez; aquí, siendo el comunicador de gran longitud, no dejaria de estar en contacto con una de las derivaciones mientras no hubiera llegado á estarlo con la siguiente; el efecto es pues el mismo que produciria cualquier otro sistema de *conductor general;* pero naturalmente seria mas caro, porque si bien hay la ventaja de no tener que poner postes especiales colocados con esmero, la cantidad de alambre empleado es mayor, y una buena parte de él cubierto con gutta-percha ú otra sustancia aisladora; la mano de obra para que dichas derivaciones vinieran á encontrarse siempre con el comunicador, no dejaria tambien de ser costosa. En una palabra, creemos que aunque conveniente en algunos casos, no es tan ventajoso este medio de establecer el conductor general, como el colocarlo al lado de la via ó en la entrevia, sobre postes de 1 metro de altura, separados entre sí unos 20 ó 30 metros.

Del comunicador.

Al desarrollar el sistema cuyo principio establecimos en pocas líneas al empezar este capítulo, sin que por eso dejara de ser completo, porque una cosa es la descripcion circunstanciada de las partes que lo componen, en la cual conviene discutir las diferentes formas que puede dárseles, y otra es la base, ó mas bien, el sistema propiamente dicho, sencillísimo en sí mismo; al desarrollarlo, decimos, hemos presentado ya dos de sus partes principales : el generador eléctrico y el conductor general aislado, que junto con los carriles ó la tierra, ha de constituir el circúito en que debe producirse la señal de alarma, cuando un tren al acercarse á otro, ó al encontrarse á cierta distancia de un peligro, lo cierre por sí mismo; pero es menester que el generador lleve uno de sus polos en comunicacion con la tierra, y el otro con el conductor general, para que tenga lugar dicho circúito. La comunicacion de los trenes con las barras-carriles se efectúa simple y sencillamente por el contacto de las ruedas con es-

tas últimas; pero para efectuar la del tren con el conductor general colocado al lado de la via, es preciso establecer una varilla aislada (figura 274), á cuyo extremo se suspende un fleco metálico *f*, compuesto de alambres, cuya parte superior queda sujeta, por el efecto mismo de la torsion ó de una soldadura, sobre un anillo de un diámetro interior mayor que el de la varilla, á fin de que cada alambre pueda jugar libremente al rededor de ella.



Fig. 274.

En vez del comunicador de que acabamos de hablar, podrian emplearse, y tal vez con ventaja, algunos de los que pasamos á describir.

El de la figura 275 consiste en una varilla metálica, á cuyo extremo están fijos dos resortes de hélice *a a*, encerrados en dos tubos tambien metálicos, los cuales tienen una ranura en el sentido de su longitud, para permitir á la varilla *b* subir y bajar, segun las inflexiones del conductor general. Para evitar el rozamiento se hace movible la varilla, de manera que pueda girar, ó bien, si se la quiere mantener fija, se cubre con un cilindro metálico, que gira á medida que avanza el comunicador. Para prevenir el caso de ruptura de la varilla ó de un contacto imperfecto causado

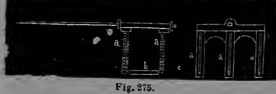


Fig. 275.

por un accidente cualquiera, hay tres varillas, á alguna distancia unas de otras, como se ve en la figura.

El comunicador de la figura 276 es tambien una varilla; pero invariablemente fija á los extremos *a a* de dos largueros que pueden moverse al rededor de la barra *t*, de manera que, apoyándose contra el conductor general, su inclinacion variará segun la sagita de este; su peso, sin ser demasiado grande, debe bastar para mantenerla en contacto con los alambres del conductor. Estos deben estar sujetos por una ranura de 4 milímetros, practicada en la cabeza de cada aislador, en donde los mantendrán su propio peso y los aparatos de traccion.

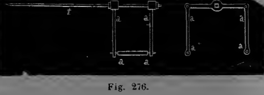


Fig. 276.

En los pasos de nivel, para enterrar ó levantar los alambres apartándolos de la línea, como hemos dicho ya; se colocarán aparatos de traccion en postes mas bajos que el extremo inferior del comunicador, de manera que el cilindro ó varilla de este abandone los alambres por un plano inclinado y vuelva á cogerlos de la misma manera, sin choque alguno.

En el caso en que el uso del fleco conviniera mas que el de cualquiera de los dos comunicadores que acabamos de describir, deberia construirse con trozos de alambre de acero, de 2 milímetros de grueso y de un temple semejante al que se da á las agujas de hacer media, que sin ser frágiles, no quedan encorvadas cuando un choque les hace perder momentáneamente su forma.

Ya sea el comunicador de fleco el que se emplee, ya alguno de los otros dos, á la varilla á cuyo extremo se encuentra puede dársele la disposicion que indica la figura 277, que le permite tener un movimiento circular al rededor de los soportes aisladores *a a a a*, y que al mismo tiempo, por medio

de la palanca *p p* y del cordon de seda *c*, se levanta ó baja, segun la mayor ó menor inclinacion que la velocidad da al fleco; una vez graduada la altura, se fija el anillo en que termina el cordon á los ganchos *e e e*.

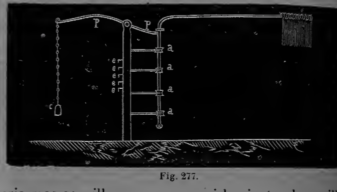
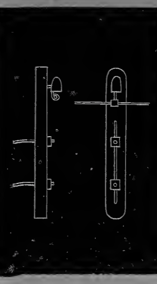


Fig. 277.

Seria mas sencillo apoyar, con aislamiento, la varilla del comunicador sobre soportes fijos al cuadro del carruaje ó en la parte anterior de la locomotora (figuras 268 y 269); pero de manera que se la pudiese hacer subir, bajar y correrse de derecha á izquierda, lo cual seria fácil dando á los soportes la forma de las figuras 278 y 279; es decir, practicando en ellos una ranura que permitiera sujetarlos con pasadores á diferentes alturas, y suspendiendo la varilla con anillos aislados análogos á los aisladores, de forma de campanilla, llamados vulgarmente *jícaras*; unos topes convenientemente colocados impedirian á la varilla correrse á un lado y á otro, á menos que se hiciera expresamente, quitando los cierres.



Figuras 278 y 279.

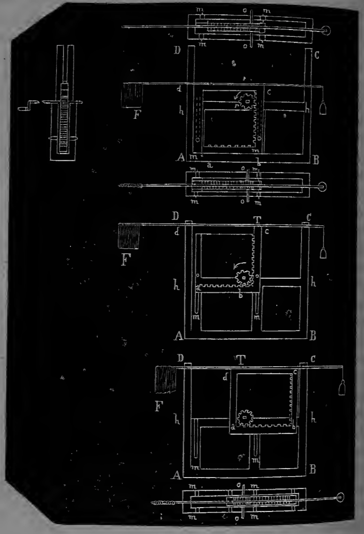
Podria suceder que hubiera algun camino en que los tú-

neles tuviesen una sola via, y esta tan estrecha, que fuera imposible conservar la disposicion del conductor general al lado del camino. En este caso, no solo se hace preciso colocar el conductor de otra manera á lo largo del túnel, sino que tambien es necesario que el comunicador pueda retirarse fácilmente y volverlo á su lugar; porque sin esta precaucion se romperia contra las paredes del túnel. La disposicion representada en la figura 274, que consiste simplemente en dar á la varilla una articulacion que le permita elevarse, girando al rededor del soporte, no podria emplearse sino en el caso en que, siendo dicha varilla bastante corta y ligera, estuviera colocada cerca del maquinista. En el caso contrario, seria menester darle otra disposicion, tal como la de las figuras 280, 281 y 282.

La varilla *T* se apoya en un cuadro *a b c d*, dos de cuyos lados *a b* y *b c* son unas cremalleras, que pueden ponerse en movimiento, engranando con la rueda *r*, que se apoya á su vez en los cojinetes *o o*, fijos á las barras horizontales *h h* de una especie de cuadro *A B C D*. Estas barras centrales están unidas á las barras inferiores del cuadro por cuatro verticales *m m m m*, dispuestas como lo indican las figuras, y tienen, lo mismo que las otras verticales *A D*, *B C*, unas ranuras que sirven de corredera.

En las ranuras de *A D* y *B C* encaja la varilla *T*, que puede de esa manera subir y bajar, avanzar y retroceder sin ningun movimiento lateral; y en las de las barras *m m* entran cuatro topes provistos de rodajas y fijos al cuadro *a b c d*, que se mantendrá de ese modo sin hacer otro movimiento que subir y bajar; hasta que al llegar al nivel superior de las barras *h h*, las rodajas pueden resbalar sobre ellas y seguir el movimiento de la varilla *T*. Este movimiento es fácil de comprender: estando el comunicador *F* en contacto con el conductor general, la varilla que lo sostiene y el cuadro en que está fija la varilla, ocuparán la posicion indicada en la figura 280; es decir, engranando la cremallera vertical con la

rueda, y la varilla y las rodajas en lo mas bajo de sus ranuras. Si se quiere separar el comunicador del conductor gene-



Figuras 280, 281 y 282.

ral, no habrá mas que dar vueltas al manubrio de la rueda en el sentido de la flecha, y la cremallera vertical subirá con el cuadro, la varilla y las rodajas hasta tomar la posi-

cion de la figura 281. En esta posicion, la cremallera horizontal va á engranar á su vez con la rueda, y no estando ya las rodajas del cuadro retenidas por las ranuras, resbalarán sobre las barras *h h*, arrastrando el cuadro y la varilla hasta ocupar la posicion de la figura 282, en que el comunicador se halla separado del conductor, sin peligro de romperse contra las paredes del túnel y sin haber ocurrido el riesgo de descomponer en el cambio de posicion ninguna de las partes que constituyen el sistema.

Este mecanismo es solo necesario en el caso de usar el comunicador de la figura 275, y permite colocarlo muy ventajosamente en la parte anterior de la locomotora, quedando el manubrio al lado del maquinista.

Si se viera que en cualquiera de las posiciones que acabamos de indicar no podia obtenerse el aislamiento de la varilla sino á expensas de la solidez ó con grandes gastos, bastaria aislar el comunicador al extremo de dicha varilla, á la cual se sujetaria un alambre cubierto con gutta-percha, que iria á ponerse en relacion por un extremo con el comunicador y por el otro con el generador eléctrico.

Lo único que á primera vista podria parecer un inconveniente para establecer la comunicacion del tren con el conductor general colocado al lado de la via, es el movimiento de oscilacion del comunicador, que seria mas sensible en ese caso, que en el de hallarse el conductor entre la via misma; pero esta circunstancia, léjos de ser un inconveniente, es una gran ventaja, cualquiera que sea la especie de comunicador que se emplee; porque los puntos de contacto de este con el conductor general varian á cada instante, lo cual disminuye el deterioro del primero, por efecto del rozamiento y la elevacion de temperatura que produciria el mismo.

En cuanto á la objecion que se hace comunmente, relativa á la curva que forman los alambres cuando no están bien tendidos, ya habiamos contestado, antes de hacer experimentos en grande escala, que se podria disminuir cuanto se quisiera

la sagita de esa curva, aproximando mas los postes unos á otros, aumentando el número de los aparatos de traccion y disminuyendo el diámetro y por consiguiente el peso del alambre, que no exige una gran seccion para los efectos que está destinado á producir; y que además de esto, se podia alargar el comunicador lo suficiente para que no dejara de estar en contacto en ningun caso con el conductor general. Con la disposicion que hemos propuesto últimamente para este, y que adoptarémos en nuestros trabajos sucesivos, lo mismo que con el empleo de los comunicadores representados en las figuras 275 y 276, la resolucion del problema es mas fácil y menos costosa, sin embargo de que en nuestros primeros ensayos no presentó ninguna dificultad, á pesar de las desfavorables condiciones en que hicimos funcionar nuestro sistema.

En efecto, los postes de que nos servimos eran, como lo hemos dicho ya, los mismos del telégrafo de la línea, colocados á 50 metros unos de otros, los alambres estaban á una altura de $3^{m},50$ y á una distancia de $1^{m},70$ de la barra-carril exterior; por consiguiente, la sagita de la curva y el movimiento de vaiven eran mucho mayores de lo que podrán ser cuando se trate de aplicar definitivamente el sistema.

Resuelto el problema de comunicar bien uno de los polos del generador eléctrico con el conductor general, como acabamos de hacerlo, el de establecer esa misma comunicacion con el otro polo y la tierra, para que esta entre en el circúito, es tan sencillo, que apenas merece la pena de que nos detengamos á mencionarlo. Si se tratara de la trasmision de la electricidad estática, no habria necesidad de precaucion ninguna, porque su gran tension facilita su entrada en el depósito comun; pero para las corrientes dinámicas seria bueno tener preparadas las barras carriles, de manera que el flúido eléctrico se trasmitiese por ellas sin dificultad desde un punto á otro cualquiera de la línea, aunque la sequedad ó naturaleza del balastre no permitiese que la cor-

riente se estableciera por la tierra misma; para ello bastaria poner en contacto inmediato uno de los polos con las ruedas del carruaje, y las barras carriles entre sí por medio de los cojinetes de hierro que las soportan. La comunicacion entre el polo del generador y las ruedas del carruaje no ofrece dificultad ninguna, como hemos tenido ocasion de observarlo en repetidos ensayos, en los cuales no hemos hecho mas que unir el alambre del reóforo á una de las ballestas que comunican con la caja de grasa, ya por medio de un tornillo, ya solo con dar tres ó cuatro vueltas al alambre; para mas seguridad, podrian adaptarse al bastidor unos resortes metálicos que apoyaran contra el eje mismo del carruaje.

De los aparatos de alarma.

Habiéndose hablado ya extensamente de cuanto tiene relacion con las tres partes principales que han de formar el circúito eléctrico cuando un tren se halle amenazado por un peligro, réstanos decir algo sobre los aparatos de alarma que deben introducirse en el circúito para producir la señal en el momento oportuno.

Como los generadores eléctricos, los aparatos de alarma pueden variar al infinito, segun la especie de señal que se desee obtener y el grado de intensidad con que se quiera producir; conocida, pues, la forma de algunos de estos aparatos, que hemos presentado en los capítulos anteriores, y los efectos eléctricos que se producen con ellos, nos detendrémos muy poco sobre este particular.

Las señales que convendrian tal vez mas por su energía son las explosiones producidas por los gases detonantes y las materias explosibles, sólidas ó flúidas, por medio del pistolete de Volta, del mortero eléctrico ó de los petardos convenientemente preparados. Estas señales se obtienen fácilmente con la electricidad estática, y pueden producirse lo mismo con el circúito dinámico, porque basta para esto hacerlo local, por medio de un *relevo*, en que esté el aparato

de alarma y un elemento de Bunsen. La armadura del electro-iman del relevo no cierra ese circúito sino al pasar la corriente que recorre el conductor general en el momento de cerrarse el gran circúito producido por la presencia de un peligro, y entonces solamente será cuando tendrá lugar la señal de alarma.

Demostrada la conveniencia (pág. 201) de no emplear la corriente que atraviesa el conductor general sino para hacer obrar la armadura de un relevo, y de interponer el aparato de alarma en el circúito local que cierra esta armadura aproximándose al electro-iman, la pila ó generador eléctrico debe variar segun la naturaleza del aparato de alarma.

Si se prefieren las señales detonantes, puede echarse mano de una pila capaz de enrojecer un alambre de platino, ó de poner en movimiento un aparatito de induccion que produzca un efecto análogo.

Como en nuestros primeros ensayos tuvimos á nuestra disposicion los aparatos de Ruhmkorff, nos servimos de ellos para producir explosiones con gases detonantes en el pistolete de Volta, y tambien con la pólvora por medio de los petardos de Stathan. El pistolete de que nos servimos está representado en la figura 283. Se diferencia del pistolete ordinario en que se abre por medio de una rosca *d e*; en que las bolas *a a* pueden destornillarse y convertirse en puntas, por las cuales salta la chispa en la interrupcion; y sobre todo, en que puede graduarse la distancia de estas, segun la intensidad de la corriente. Para que la graduacion se haga sin abrir

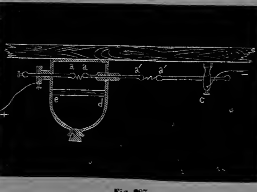


Fig. 283.

el pistolete y sin que deje de verse la distanciaá que quedan las bolas ó puntas, tiene exteriormente el compás eléctrico *c*, que es el que debe aproximarse mas ó menos; las bolas interiores permanecen invariablemente á la misma distancia, que ha de ser siempre menor que la de las bolas del compás electrico. Esta disposicion del pistolete la adoptamos solo con el objeto de hacer experimentos (con los cuales pudimos comprobar la exactitud del hecho, ya conocido, de que el tamaño de la chispa eléctrica, cuando proviene de una corriente de induccion, disminuye en una proporcion extraordinaria con el número de las interrupciones), y no tendria aplicacion sino en el caso en que se quisiera usar directamente la corriente inducida del aparato de Rhumkorff, que, como hemos dicho, presenta ahora grandes inconvenientes. Para introducir una carga siempre igual en el pistolete, adoptamos el medio de fijarlo con la boca hácia abajo en el cielo del carruaje, é introduciamos la carga de hidrógeno, valiéndonos del aparatito representado en la figura 284, que es una vejiga grande, llena de hidrógeno, con dos llaves, las cuales se hallan separadas por un tubo metálico, horadado, y envuelto por una segunda vejiga mas pequeña, que contiene exactamente la carga que necesita el pistolete. Bastaba abrir la llave *a* para que el gas de la vejiga *V* pasase á llenar la pequeña *v*, atravesando los agujeros del tubo; cerrada otra vez la llave *a*, se aplicaba la boca del aparatito á la del pistolete, se abria la llave *e*, y comprimiendo con la mano la vejiga *v*, se descargaba sin dificultad en el pistolete, durando apenas la operacion un par de segundos.

Fig. 284.

Los petardos de Stathan, que ya hemos citado en otro capítulo, y de que nos hemos valido para producir explosiones con la pólvora, están representados en la figura 285; pero podria dárseles otra forma mas cómoda, que permitiera car-

gar con ellos una especie de mortero eléctrico para producir los efectos automáticos que no tardarémos en dar á conocer, aunque creemos que no son tan fáciles de obtener ni de tan necesaria aplicacion como los demás casos del sistema.

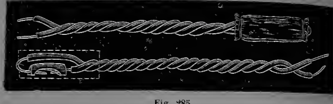


Fig. 285.

Para que los petardos de Stathan pudieran introducirse con rapidez en un mortero ó cañon eléctrico, y produjeran al salir un efecto mecánico aprovechable, deberia dárseles la forma representada en la figura 286, es decir, la de un cartucho; y en vez de enroscar los alambres como en los comunes, podria hacérseles terminar en dos anillos sin cubrir con gutta-percha. El mortero seria como el eléctrico de Kinnersley; pero en vez de dos puntas, tendria interiormente dos ganchos, donde vendrian á apoyarse los anillos del cartucho de Stathan, que seria así una verdadera continuacion del morterete. Introducido el cartucho con facilidad, deberia taparse el aparato con un tapon que ajustara bien.—Ya hemos dicho nuestra opinion acerca del generador que creemos debe emplearse por ahora, y es casi inútil añadir que con la electricidad dinámica seria preferible, como mas sencillo, el empleo del avisador ó repique eléctrico, en vez de las señales detonantes, siempre que no se creyera indispensable una señal mas alarmante y mas perceptible; y en ese caso, ninguno nos parece mejor que el aparato de Dumoulin, descrito en el capítulo VII (pág. 436 del tomo I), no solo porque no se mueve á impulsos de un

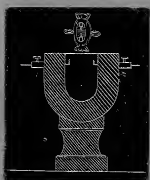


Fig. 286.

mecanismo de relojería, sino por lo que dirémos al tratar de la comunicacion entre el guarda y el maquinista, segun nuestro sistema.

Por lo demás, se concibe perfectamente que con mas ó menos complicacion, se puede obtener, una vez cerrado el circúito, bien una explosion, bien un silbido del pito de la locomotora, el movimiento de una aguja, el sonido de una campana, y hasta si se quisiera cerrar mecánicamente el regulador de la entrada del vapor, no habria mas que aprovechar la fuerza desarrollada por la explosion de una materia detonante, ó la de otro motor puesto en libertad por la armadura de un electro-iman.

Antes de entrar á examinar cada uno de los casos particulares que pueden ocurrir en la locomocion por caminos de hierro, en que tendria una aplicacion útil nuestro sistema, nos parece conveniente dar una ideà general de la marcha que sigue la corriente eléctrica producida en los generadores, por mas que esto pueda deducirse de lo que llevamos dicho hasta aquí. Nada de cuanto conduzca á aclarar esta importante materia debe omitirse, y seguramente se formará una idea mas exacta viendo en una sola figura, y considerando en conjunto el objeto y situacion de las diferentes partes que constituyen el circúito, y en el cual hacen cada una un papel mas ó menos principal, pero todas importante.

Supondrémos, para no poner mas que un ejemplo, el caso mas complicado: el de un circúito cerrado por dos trenes, en el cual, por la naturaleza del generador eléctrico, sea preciso valerse de un inversor (figura 287).

La corrriente eléctrica que nace en la pila G, se trasmite por los reóforos á los frotadores $+F$ $-F$ del inversor Y, desde donde, segun la posicion de este, va unas veces á la tierra y otras al conductor general.

Suponiendo este último caso, en el momento en que consideramos la figura, resultará que desde el frotador $+F$, la

corriente pasa por el inversor Y, atraviesa los alambres del electro-iman R y el para-rayos P, llega á la extremidad del comunicador C, que se halla en contacto con el conductor general, y de aquí no pasa mientras no haya un objeto que lo ponga en relacion con la tierra; pero en el momento en que esto se verifique, como cuando se presenta otro tren en el mismo trozo de conductor, la corriente sigue su marcha, entrando por el comunicador C', atraviesa el para-rayos P' y los alambres del electro-iman R', llega al inversor Y', desde donde pasa por el frotador—F' á la pila G', la atraviesa, sale por el otro polo, y por medio del frotador—+—F' del inversor, entra en la tierra, y viene á cerrar el circúito en el inversor Y del primer tren, para lo cual le abre el camino el frotador — F. Se concibe que en el momento en que la corriente atraviese los alambres de los electro-imanes R y R', las armaduras de estos se pondrán en movimiento, cerrarán el circúito local, de que forman parte respectivamente las pilas g g' y los aparatos de alarma A A'; estos funcionarán, cualquiera que sea su naturaleza, y el maquinista recibirá la señal de peligro.



Fig. 237

Que el circúito lo cierre otro tren, como hemos supuesto, que sea, como verémos despues, un simple alambre metálico

puesto por un guarda, el que une el conductor general á la tierra, ó que esto lo haga por sí una de las partes movibles del camino que se halle en mala posicion, el resultado será idéntico, la corriente que sale del generador *G* y atraviesa los aparatos en el órden indicado, vuelve á él por la tierra cuando encuentra paso. Vamos á ver ahora cómo se establece esta comunicacion, automáticamente ó con facilidad, siempre que haya peligro.

Choque de dos trenes entre sí.—El riesgo mas terrible, y que con mas frecuencia suele presentarse, es el de un choque entre dos trenes que recorren la misma via; como que Lardner ha calculado que constituye un 56 por 100 de los accidentes que ocurren en los caminos de Inglaterra.

Los encuentros de dos trenes en una via, ya sea marchando en la misma, ya en direccion contraria, ya se halle detenido uno de ellos, provienen siempre, como lo hemos hecho ver en el capítulo x, de una causa que las resume todas, y es la de no haberse recibido en tiempo oportuno una señal de alarma que obligue á echar mano de las precauciones que suelen tomarse en esos casos; así es que jamás ocurre un choque en un dia claro, entre dos trenes que recorren un trozo de via en línea recta, con tal de que el maquinista se halle en su puesto; lo general es que semejantes accidentes tengan lugar de noche, en dias de niebla muy fuerte, en las revueltas de una curva en desmonte, en los túneles, en fin, siempre que los maquinistas dejan de percibir la señal de peligro, ó cuando la reciben tarde; porque no se han puesto en juego las banderas, faroles ó discos, ó porque la negligencia de los empleados y las causas naturales han impedido hacer su efecto.

Con el sistema que examinamos no es posible un choque, si van los trenes provistos de los aparatos correspondientes y en comunicacion con el conductor general; porque como lo hemos hecho ver en la figura 261, en el momento en

que llegan ambos comunicadores á tocar el mismo trozo de alambre se cerrará el circúito, y habrá una señal de alarma en ambos trenes. Ya hemos dicho tambien que aun en el caso mas desfavorable, es decir, en el de los dos trenes T y T'', bajando á toda velocidad por dos pendientes que vinieran á encontrarse en b''', no habria peligro ninguno, porque se detendrian antes de llegar á dicho punto, estando como debe estar calculada la longitud del alambre para este caso.

Si los trenes fueran en la misma direccion, el resultado seria exactamente el mismo en cuanto á la eficacia de la señal; porque tan luego como el mas veloz entrara en el primero de los trozos de alambre del conductor general, sobre el cual se hallara el retrasado, se cerrarian el circúito mútuamente, de modo que uno y otro recibirian la señal, y se detendrian con un intervalo todavía mayor que el que pueden dejar entre sí dos trenes que marchan en direccion contraria, porque los alambres están calculados para este último caso; pero nunca seria tan grande, que pudiera considerarse innecesaria. Además, los aparatos de alarma construidos segun el sistema de Mirand ó de Dumoulin, permitirian, por medio de un simple interruptor disyuntivo, establecer una correspondencia sencillísima para que los trenes se hicieran saber mútuamente si se hallaban ambos en marcha ó estaba el uno detenido, la direccion que llevaban, si podian continuar marchando, etc., sin perjuicio de valerse para casos extraordinarios del telégrafo portátil de Breguet; aunque creemos que rara vez seria necesario esto; porque recibida la señal de alarma, es mucho mas pronto y eficaz que el tren continúe avanzando poco á poco hasta acercarse al otro.

Lo mismo que en los dos casos anteriores sucederia si un tren se hallase detenido en la via y otro se le aproximara marchando en la misma ó en direccion contraria á la que lleva. Como se ve, este no es mas que un caso intermedio entre los dos citados, y por consiguiente, la distancia á que se detuviera el tren seria para los mismos intervalos á que

se recibiera la señal, un término medio tambien de los que quedan entre dos trenes, marchando en la misma ó en direccion contraria.

Hemos dicho, algunos renglones antes, *que si el maquinista se hallaba en su puesto, no dejaria de percibir la señal*, etc. De esto se infiere que puede presentarse el caso de que un tren corra por una via, ó se halle detenido en ella sin un maquinista ó persona competente que pueda tomar las precauciones necesarias cuando se le hace al tren una señal de alarma. Este caso, que algunos consideran extravagante y aun imposible, ocurre sin embargo, algunas veces, y además del ejemplo que cita With en su obra, harémos mencion de otro acaecido á fines de junio de 1856.

«Nueve trabajadores que en la estacion de Nogent-sur-Marne cargaban material en unos wagones para la construccion del camino de hierro de Paris á Mulhouse, impacientes de no ver llegar al que debia conducir el tren, subieron á él y lo hicieron partir; pero bien pronto notaron que no eran capaces de dirigirlo, perdieron la cabeza y se pusieron á dar gritos. El tren marchaba con una velocidad extraordinaria hácia un monton de piedras, y antes de que se hubiera podido pensar en socorrerlos, tuvo lugar un choque terrible, que destrozó los wagones y lanzó á los nueve hombres, revueltos con los materiales.»

«En enero de 1854, refiere M. With, en la parte prusiana del camino de hierro de Saarbruck á Metz, dos trenes, que se suponian mútuamente retrasados por la nieve, marchaban uno contra otro. Apenas se vieron, los maquinistas hicieron sonar el pito, apretaron los frenos y pusieron en juego la palanca de inversion, saltando despues á tierra con los fogoneros, sin hacerse el menor daño. El encuentro tuvo lugar sin desgracia ninguna, por las precauciones que se habian tomado; pero invertida la marcha de los trenes, y no habiéndose cerrado el regulador de la entrada del vapor, este continuó obrando, y los trenes, abandonados á sí mismos, retrocedie-

ron con una velocidad siempre creciente. Uno de ellos, que era de viajeros, se detuvo por fin en la parte baja de una pendiente, y el otro, de mercaderías, despues de haber atravesado la estacion de Saarbruck, fué detenido por la nieve en la frontera francesa, y contra él vino á chocar un tren especial que habia salido de Paris, y que como era natural, recibia en las estaciones la seguridad de que la via estaba libre, pues el tren de mercaderías habia salido y pasado de las siguientes oportunamente.

Además de estos ejemplos, hemos presenciado nosotros mismos algunos casos en que el maquinista y el fogonero se bajaban de la locomotora para arreglar una pieza ó con cualquier otro motivo, y ha quedado esta por algunos instantes abandonada á sí misma, de modo que si por un accidente cualquiera el regulador, cambiando de posicion hubiese permitido el paso del vapor á los cilindros, el tren habria partido sin tener quién lo dirigiera. No creemos pues inoportuno hacer ver que con un sistema eléctrico tal como el que proponemos para señalar un peligro, podria conseguirse que el hecho solo de cerrarse el circúito bastara para producir automáticamente el efecto de detener el tren, sin que por esto se suponga que lo damos como una cosa tan necesaria como la de señalar oportunamente el peligro; nó, reconocemos que la poca frecuencia de casos tan extraordinarios no justificaria una modificacion ó aumento de piezas en la construccion del material, ya de suyo costoso y complicado. Sin embargo, como esto es una consecuencia del sistema de señales eléctricas, y como este, mas tarde ó mas temprano, mas ó menos modificado, encontrará su aplicacion, porque sin grandes gastos y con mucha sencillez producirá verdaderos beneficios; como es una consecuencia suya, decimos, vamos á indicar la manera de detener un tren automáticamente por el hecho solo de acercarse á un peligro, aun cuando no fuese en la locomotora nadie que percibiera la señal.

Si el avisador ó aparato de alarma se pusiera en accion, á

impulsos de los efectos caloríficos de la pila, es decir, que por medio de un aparatito de induccion ó de un alambre de platino enrojecido se produjera la inflamacion de las sustancias detonantes, podria aprovecharse la fuerza expansiva de estas con la disposicion de la figura 288; el tapon del mortero cargado con los cartuchos de Stathan, ó el del pistolete lleno de gases inflamables, lanzado por la explosion, obra sobre el brazo mayor de una palanca, en que el menor sirve de escape á una rueda, de la cual pende un peso proporcionado á la accion que se desea obtener; ó bien abre una válvula de la caldera, y deja penetrar cierta cantidad de vapor debajo del émbolo de un cilindro, cuyo movimiento se utilizaria del mismo modo que la gravedad del peso antes indicado. La fuerza desarrollada por cualquiera de estos medios podria obrar á su vez sobre el regulador del vapor, sobre la palanca de inversion, y aun sobre una pieza especial, que trasmitiese su accion al agente que debiera hacer obrar los frenos.

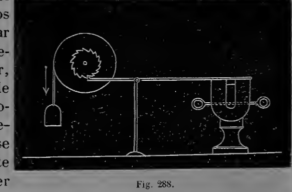


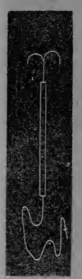
Fig. 288.

El mismo efecto que produce la explosion de una materia detonante puede obtenerse con la atraccion y repulsion de un electro-iman, cuya fuerza es suficiente para dejar en libertad el contrapeso ya citado, ó abrir la válvula que permitiera la entrada del vapor en el cilindro.

Comunicacion entre los guardas de la línea y los maquinistas. —La aplicacion mas importante de nuestro sistema, despues de la de evitar el encuentro de dos trenes entre sí, es la de poder establecer una comunicacion rápida, segura é igual en

todos los casos y tiempos, entre los guardas de la línea y el maquinista. Sabido es, en efecto, que una gran parte de los accidentes en los caminos de hierro, los descarrilamientos sobre todo, provienen de que el guarda no ha tenido tiempo, despues de notar un obstáculo en la via, de correr á colocarse en un punto desde donde el maquinista pueda percibir la señal de peligro y tomar las precauciones necesarias para detenerse antes de llegar al sitio interceptado, ó bien porque la niebla, la noche ú otra causa cualquiera impiden que se vea la señal.

Como no es posible prever todos los casos que están comprendidos en esta clase de riesgos, y en la mayor parte de ellos no podria cerrarse el circúito por el obstáculo mismo, como cuando se levanta una barra-carril, se rompe un cojinete ó se atraviesa algun objeto en la via, hay necesidad de poner en manos de los guardas de la línea un medio de hacer la señal instantáneamente, sin moverse de aquel punto, y que alcance á proteger al tren á la distancia necesaria, cualquiera que sea la hora y el estado de la atmósfera; un medio, en fin, verdaderamente eficaz, que no presente los inconvenientes que tienen las banderas y faroles que hoy se usan.


Fig. 289.

El medio no puede ser mas sencillo: un baston ó varilla metálica, cuyos extremos terminen, el uno por un doble gancho (figura 289), que permita colgarlo de los alambres del conductor general, y el otro por una cadena ó tralla tejida con materias conductoras, cuya punta esté unida metálicamente á una hoja de cuchillo ó á un clavo grueso. Con este instrumento, que abulta mucho menos que la bandera usada actualmente, bastará que el guarda de la línea haya percibido el peligro un momento antes de que llegue el tren, para que enganchando la horquilla en los alambres del conductor gene-

ral, y clavando el cuchillo entre las junturas de dos barras-carriles ó en el suelo, deje establecida la comunicacion entre el conductor general y la tierra, de manera que al aproximarse el tren y ponerse en contacto con el primero de los dos alambres, en que está enganchada la horquilla, cierra el circúito y se produce una señal en su aparato de alarma; el efecto es el mismo que cuando hay un tren detenido en la via y viene otro marchando hácia él.

Las ventajas que resultarán en el servicio de este modo de señalar un peligro son incalculables; pero la principal, la instantaneidad del aviso, que puede trasmitirse desde el punto mismo en que se halla el obstáculo, á la distancia que se ha juzgado necesaria para detener el tren. Con el sistema actual, el guarda, despues de tener que correr hácia el lado por donde supone que viene el tren, no está seguro de que se perciba su señal, porque la oscuridad, la niebla ó una revuelta del camino pueden impedirlo; con el sistema eléctrico, no solo se evita todo esto, sino que el *comunicador* ú horquilla colgada de los alambres del conductor en el punto mismo en que se ha observado el daño, protege á la distancia necesaria por ambos lados, de suerte que no puede temerse que por atender al uno se acerque otro tren por el opuesto. Se disminuirian tambien las probabilidades de riesgo; porque el guarda que hoy encuentra un obstáculo que no puede remover por sí mismo, y espera un tren, tiene que quedar, hasta que llegue, clavado, por decirlo así, en aquel sitio, sin seguir registrando el resto de la línea; cuando por el contrario, colocando su horquilla al lado del peligro, deja protegido aquel punto, y puede seguir su importante tarea de buscar y señalar nuevos riesgos; en una palabra, el hombre desempeña constantemente un trabajo inteligente, y deja á la máquina el cuidado de señalar con la exactitud material de que él nunca seria capaz.

Comunicacion entre el guarda-tren y el maquinista. — Ya

que hablamos de los medios de poner en correspondencia á los guardas de la línea con el que dirige la locomotora, es ocasion de indicar el modo de establecer tambien una comunicacion entre este y el guarda ó jefe del tren, que va en el último carruaje; comunicacion que ha dado y continúa dando bastante que hacer á los directores de caminos de hierro, y que se resolvió en una reunion celebrada en Lóndres el mes de marzo de 1853, acordando el establecimiento de una campana en la locomotora ó en el ténder, que habia de tocar el guarda desde el último wagon, por medio de una cuerda ó correa de gutta-percha.

Que es indispensable hallar un medio de establecer fácilmente dicha comunicacion, es un hecho sobre el cual no necesitamos insistir, aun cuando pudiéramos citar casos, como el del incendio de una diligencia en el ferro-carril del Mediterráneo en marzo de 1856, y varios de trenes que por la rotura de un enganche ó de una rueda, percibida por el guarda-tren y no por el maquinista, han sufrido consecuencias desastrosas.

Con los recursos con que hoy cuenta la locomocion por caminos de hierro, le es posible al maquinista mandar que se aprieten ó aflojen los frenos, y le seria fácil trasmitir á los empleados del tren una órden cualquiera, porque tiene á su disposicion el pito de la locomotora; pero la comunicacion inversa, es decir, del guarda-tren al maquinista, puede decirse que se halla muy poco adelantada, porque la longitud de los trenes, la necesidad de poderlos dividir, acortar y alargar, y la intensidad del sonido que seria menester emitir para emplear una comunicacion acústica desde el último carruaje, han sido obstáculos contra los cuales se han estrellado el sistema eléctrico de Herman, la resolucion de la junta de directores de Lóndres, y otros muchos proyectos que se han presentado para el mismo objeto.

Con nuestro sistema bastaria que el guarda del tren tuviera á mano una varilla con su comunicador metálico, seme-



jante al que pone en relacion el generador eléctrico con el conductor general; tan pronto como se pusiera este en contacto con dicho comunicador, y se tocaran con el otro extremo de la varilla las partes conductoras del carruaje, la señal se haria sentir en el aparato de alarma de la locomotora; porque el circúito se cerraria instantáneamente, aunque una parte del tren se hubiera separado de la otra, pues entonces se hallaria en el caso de dos trenes que van por el mismo trozo del conductor general, ó mas bien, en el de un guarda de la línea, que establece el contacto entre los alambres aislados y la tierra. Estando el conductor general á 1 metro del suelo, en la entrevia ó en la parte exterior de ella, se hallaria al alcance del jefe del tren, y no habria tal vez necesidad de ninguno de los comunicadores descritos, sino de una simple varilla metálica en comunicacion, por uno de sus extremos, con las partes conductoras del carruaje, y que por medio de una tecla ó boton se bajara y pusiera en contacto con el conductor general.

Si como nos figuramos, conviniera adoptar los avisadores ó repiques eléctricos de Dumoulin, Mirand ó cualquier otro que obrara, no por un mecanismo de relojería, sino por el movimiento directo de las armaduras de los electro-imanes, y que por consiguiente, no sonara sino durante el tiempo que el circúito permanece cerrado, se tendria la ventaja de poder establecer una correspondencia limitada á ciertas órdenes, pero suficiente para el servicio entre el último carruaje y la locomotora; porque bastaria variar el número y la duracion de los contactos entre la varilla y el conductor general, para arreglar un lenguaje de convencion. Aquella señal no podria nunca confundirse con el prolongado repique que produciria la alarma causada por otro tren ó un obstáculo fijo, de manera que el maquinista no pararia sino recibiendo la órden expresa de hacerlo.

Cruzamientos de nivel. — El peligro de un choque se com-

plica en los cruzamientos de nivel, porque además de que los trenes que marchan por la misma línea se hallan expuestos á los riesgos que hemos examinado, puede ocurrir que los de dos se encuentren en el punto mismo del cruzamiento. Para este caso no solo es necesario disponer los alambres del conductor general, en una de las formas que indicamos (páginas 224 y 226), para que permita cruzar los trenes sin dificultad, sino que tambien hay que combinar los alambres de ambas líneas de manera, que cualquiera que sea la posicion que ocupen, y la direccion que lleven los trenes, se produzca en ellos una señal de alarma cuando la suma de las distancias que tiene que recorrer cada uno equivalga á la longitud de los trozos que protegen aquella parte de la via. Bastará para ello que el cruzamiento quede en el centro de dos alambres de los conductores de ambas vias, ó lo que es lo mismo, que desde el referido punto hasta la primera interrupcion de cada uno de los cuatro alambres que de allí parten, la distancia sea

$$\frac{2\,v + a}{2}$$

y que ambos conductores estén en perfecta comunicacion uno con otro. Dispuestos así, podrian avanzar cuatro trenes al mismo tiempo hácia el punto de encuentro de ambas líneas, sin peligro ninguno, porque al llegar á la distancia en que debieran tomar precauciones, recibirian la señal todos cuatro, cerrándose mútuamente el circúito.

Otra série de riesgos puede evitarse sin el concurso de la mano del hombre, y es aquella en que hay en la via piezas de movimiento, que por descuido quedan en una posicion distinta de la que normalmente deben conservar, y son causa de un descarrilamiento, de un choque ó de otros accidentes no menos graves.

Puentes levadizos y giratorios. — El primero de los casos de esta especie que citarémos es el de los puentes levadizos y giratorios, en que hay el peligro de que estén abiertos cuan-

do se presente el tren y este se precipite por la abertura: ó que habiéndolo cerrado, se haya hecho de manera, que las barras-carriles de la parte movible no ajusten perfectamente con las fijas, dando lugar á un descarrilamiento de consecuencias no menos funestas que las que resultarian de haber permanecido abierto.

Nada es mas sencillo, para hacer comprender el medio de evitar este peligro, que el sistema representado en la figura 290, con el cual no es posible que un tren se aproxime á la distancia ya fijada del riesgo, sin que reciba una señal de alarma, siempre que el puente no se halle cerrado y perfectamente ajustado.

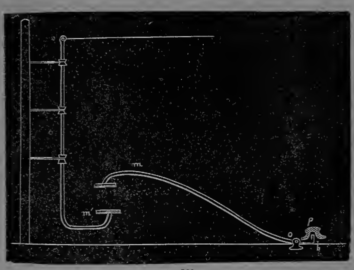


Fig. 290.

Cuando la palanca *b m* (figura 290), que gira al rededor del punto *o*, se halla en su estado de reposo, es decir, cuando está libre sin que nada la comprima, descansa sobre el platillo metálico *m'*, que comunica con el conductor general, el cual queda así en contacto con la tierra y establece el circúito al aproximarse un tren; pero cuando las barras-carriles de la parte movible *p* apoyan contra el extremo del brazo menor *b*,

para lo cual es menester que estén en su posicion normal, el brazo mayor se levanta, se separa un platillo de otro, y queda entre *m* y *m'* una interrupcion; por consiguiente, los trenes no recibirán señal ninguna y atravesarán el puente sin obstáculo. Bastará, para utilizar dicha palanca, que las longitudes respectivas de sus brazos *b o* y *o m* sean proporcionales á las distancias que quieran establecerse en la situacion tambien respectiva de sus dos extremos: así por ejemplo, si se desea que se produzca una señal de alarma cuando la barra-carril movible tenga en *b* una diferencia de altura con la fija de $0^m,01$, y que cuando esté en su lugar, los platillos *m m'* estén á una distancia de $0^m,20$, suficiente para impedir el paso de la electricidad, aun cuando se empleen las corrientes estáticas ó de induccion, la longitud de los brazos de palanca deben estar en la proporcion:

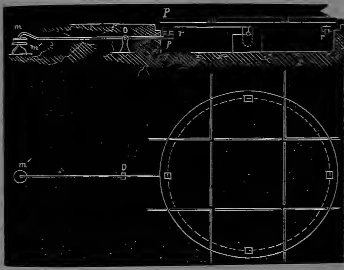
$$o\,b : o\,m :: 1 : 20$$

Con esta disposicion, si por un descuido quedaran las barras-carriles del puente un solo centímetro mas altas que las otras, la comunicacion quedaria establecida y el tren recibiria el aviso oportunamente, al entrar en el trozo de alambre que estuviese en contacto con el platillo, cuya longitud, como se sabe, está calculada para proteger un punto cualquiera de la via; y vendria á quedar reducido el caso al de un guarda de la línea que señala un obstáculo, solo que el puente lo hace automáticamente, por el hecho de no estar bien colocado.

Fácil es comprender que podria sustituirse el contacto é interrupcion de los platillos metálicos, para establecer ó romper el circúito, con otro mecanismo semejante, en que la palanca moviera una especie de *conmutador de línea*, de los usados generalmente en la telegrafía ordinaria.

Tornavías ó plataformas giratorias. — Son estas piezas tan semejantes á los puentes giratorios, que debe aplicarse á estos

lo poco que es necesario decir sobre aquellas, despues de conocido el mecanismo que podria usarse en los puentes levadizos. En efecto, para aplicar la misma palanca á las tornavías ó plataformas giratorias y á las de corredera ó puente, que se emplean en las cocheras de las locomotoras, no hay mas que colocar debajo de la plancha ó piso de la tornavía tantas rodajas (figuras 291 y 292) como vias hay en ella, y colocarlas de manera que solo cuando la plataforma esté en posicion á propósito para dar paso á un tren, una de dichas



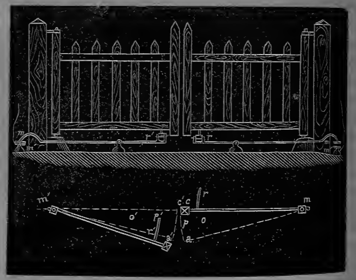
Figuras 291 y 292.

rodajas apoya contra el brazo mas corto de la palanca, levanta el mas largo, separa los platillos *m m'* é interrumpe el circúito; por consiguiente, el tren puede pasar sin obstáculo; pero en cualquiera otra posicion, la palanca cae naturalmente sobre el platillo aislado *m'*, que comunica con el conductor general, y como la palanca á su vez está en contacto con la tierra por el punto *o*, se cerrará un circúito tan pronto como un tren haya llegado á la distancia fijada para la longitud de los trozos del conductor general.

Tambien aquí puede establecerse la comunicacion entre el

conductor y la tierra por medio de un interruptor ordinario: subordinándolo siempre al movimiemto de una palanca puesta en accion automáticamente por las rodajas, cuyo desarreglo produciria tambien una señal de alarma.

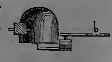
Barreras en los pasos de nivel. —Se concibe que para las barreras se podria adoptar el mismo sistema; porque bastaria dar al brazo mas corto de la palanca ó á los apéndices *r r'* (figura 293), fijos á la barrera, una forma conveniente, de modo que apoyaran contra aquella el tiempo necesario para que el ángulo de abertura no pudiera ocasionar ningun accidente al paso de los trenes: siendo las barreras de dos hojas, se necesitarian dos palancas. En las figuras 293 y 294, *p o m*



Figuras 293 y 294.

p' o' m' son las dos palancas; *c a*, *c' a'* los arcos que miden el ángulo de abertura que la barrera podria tomar sin peligro; *r*, *r'* son los dos apéndices, de una longitud correspondiente á este mismo ángulo, y apoyarán, por consiguiente, contra los brazos de las palancas, hasta que la barrera traspase el citado ángulo de abertura, en cuyo caso quedan-

do libres las palancas, el extremo *m* que se hallaba en la posicion que representa la figura en la hoja de la derecha, tomará la posicion que indica la de la izquierda; es decir, que se pondrá en contàcto con el platillo *m'*, comunicará con la tierra, y el circúito se cerrará en cuanto se aproxime un tren á la distancia marcada.



Se podria tambien adoptar otro medio, que consistiria en fijar á los postes de la barrera, con el auxilio de un aislador cualquiera, un resorte de la forma indicada en la figura 295, cuyo extremo *b* estuviera colocado en la vertical de la línea *a m* ó *a' m'* (figura 296), límite del ángulo de abertura que podrian tener las hojas de la barrera, sin peligro para los trenes; cuando estas llegaran á ella, es decir, cuando empezara á haber peligro, se produciria una señal en la locomotora; porque la plancha metálica *z*, fija en la barrera y en comunicacion con la tierra, se pondria en contacto con el resorte *b*, puesto á su vez en comunicacion con el conductor general, y se cerraria el circúito cuando los trenes llegaran á tocar el mismo trozo de alambre de dicho conductor. Siendo el resorte de acero, y por consiguiente elástico, cederia con facilidad á la presion de la barrera, y esta podria abrirse hasta quedar en ángulo recto con la via, sin que se estropease y sin que dejara de estar en contacto con la plancha *z*, y por lo tanto en comunicacion con la tierra. Este medio es tal vez mas sencillo y no menos eficaz que el primero.

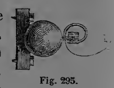


Fig. 295.

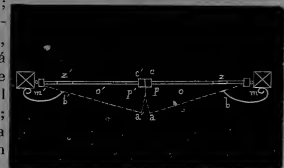


Fig. 296.

En muchos casos seria conveniente poner en las barreras de los pasos de nivel un aparato de alarma provisto de una pila, porque así podria conseguirse la inmensa ventaja de evitar retardos inútiles en la marcha de los trenes, avisando la aproximacion de estos; sin que el maquinista recibiese señal ninguna cuando la via está libre; pero haciéndolo detener ó marchar con precaucion, si no se hallase en posicion de dejar pasar el tren. Habria pues dos señales: una especial, dirigida al guarda de la barrera, que le indicaria que debe cerrarla, si no lo está; señal que no se recibe en el tren para evitar una alarma inútil; pero si el guarda descuidara su deber, al entrar aquel en el alambre que protege dicho punto, habria tanto en el tren como en la barrera, una segunda señal; porque ya entonces se encontraria el primero á una distancia en que deberia ir con precaucion ó detenerse enteramente.

Es fácil darse cuenta de cómo puede producirse este efecto. Se recordará que el conductor general está compuesto de dos séries de trozos de alambre, de dos kilómetros de largo próximamente, colocados en la disposicion indicada en la figura 297. Si se hace de modo que la barrera no quede nunca á una distancia de los extremos de cada trozo de alambre menor que la cuarta parte de su longitud, y se establece en el punto *c*, por ejemplo, una derivacion que se prolongue hasta *a*, allí vendrá á ponerla en comunicacion con la tierra, ya el contacto de una pieza unida metálicamente á las partes conductoras del carruaje, ya las ruedas de estos por medio de un interruptor conjuntivo; y esto debe ser mucho antes de que el comunicador del tren se ponga en contacto con el alambre *c c'*. Hallándose la barrera abierta ó en situacion peligrosa, se establecerá un circúito diferente de aquel en que están los aparatos del tren, porque la corriente que sale de la pila local pasa por la palanca ó resorte de la barrera al alambre *c c'* del conductor general, sigue por la derivacion hasta *a*, donde entra en la tierra, por los medios indicados

hace poco, y cierra el circúito; pues el otro polo de la pila comunica con el depósito comun: entre tanto el comunicador del tren no se halla en contacto sino con un alambre que no está en relacion con la pila de la barrera; por consiguiente, solo en esta se recibirá una señal que avisa al guarda. Si este no la hubiese oido, ó tardara demasiado en hacer su servicio, el tren, al llegar al punto c, cerraria el circúito con el comunicador y habria dos señales: la una en el aparato de alarma del mismo tren, y la otra en el aparato de la barrera, y las cosas pasarian como en los casos ordinarios que hemos citado primero, y que no se diferencian de los demás en que hay en la via un obstáculo de aquellos que se evitan automáticamente.

Fig. 297.

Como puede observarse, la distancia $c\ b$ no necesita ser mayor que $\frac{2v+a}{4}$ para que el tren se detenga á tiempo; y en cuanto á la distancia $c\ a$, debe ser la suficiente para que el guarda de la barrera tenga tiempo de cerrarla, despues de oida la señal, antes de que el tren llegue á c.

Bifurcaciones y cambios de via.—Algo mas complicado que el de las barreras es el mecanismo que exigirian las bifurca-

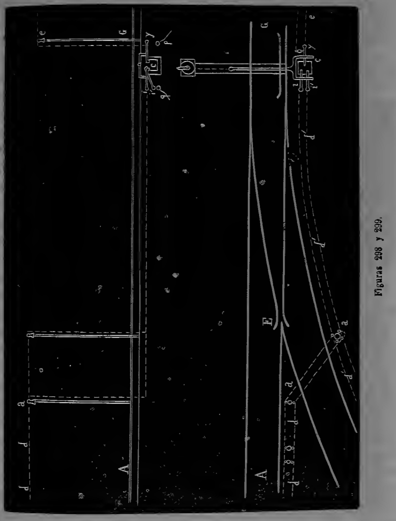
ciones y cambios de via; porque en ese caso se presentan diferentes riesgos, que es necesario prevenir con el mismo aparato, sobre todo si se reunen tres vias en el mismo punto, como sucede algunas veces, y se emplean agujas del sistema belga.

Puede un tren que corre por la via *G* (figura 299) hallar las agujas colocadas en disposicion de que lo encaminen por rumbo diferente del que debiera seguir, y encontrando en él un obstáculo, resultar un choque ó un descarrilamiento. Puede suceder tambien que dos trenes que avanzan por las dos vias *A*, *A′* en la misma direccion, se encuentren en el punto *E*, donde se reunen; y por último, la mala posicion de las agujas, debida á una piedra interpuesta ó á la descomposicion de alguna de las piezas, podria producir un descarrilamiento.

En la primera memoria que publicamos, quisimos presentar este ejemplo con la reunion de tres vias unidas por agujas del sistema belga; porque aunque condenado generalmente, y con razon, se encuentra todavía establecido en algunas partes, como en Lieja, y porque una vez demostrada la posibilidad de evitar los peligros que presenta este sistema, se concibe cuánto menos difícil seria en el de Wyld, que va sustituyendo á los demás; sin embargo, no dejando de citar el mismo caso, empezarémos por considerar el mas sencillo de una bifurcacion con agujas de contrapeso; despues se comprenderá el otro mucho mejor.

Los conductores generales *d* y *d′* de cada via (figuras 298 y 299), que se componen, como se ha indicado antes, de dos séries de alambres, reunen el mas largo de ambos en *a*, donde la entrevia se estrecha hasta el punto de no permitir que se coloque el conductor general en la disposicion ordinaria, y quedan así las dos vias en comunicacion eléctrica. Los alambres mas cortos de cada conductor, bien aislados, van por debajo del camino, y corren ambos paralelamente hasta el punto *C*, donde se hallan las agujas. Allí termina cada uno

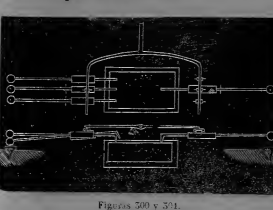
de ellos en una palanca *i i'*, cuyos extremos pueden sumergirse en la cápsula ó baño de mercurio *C*, que debe estar aislada ó fabricada de una materia aisladora, y en la cual pue-



Figuras 298 y 299.

de entrar tambien el extremo de otra palanca *y*, en que termina el alambre mas corto del conductor general *e e e* de la via opuesta *G*.

En la parte móvil de esta última, ó sea en las agujas, y como prolongacion de la barra que las une, se colocará una especie de horquilla, cuyos brazos, pasando por encima de las palancas de ambos lados, se hallen provistos de unas rodajas de porcelana ó goma elástica vulcanizada, de manera que puedan oprimir en su oportunidad unos cilindros de la misma materia, que tendrán por eje el brazo interior y mas corto de las palancas citadas.



Figuras 300 y 301.

Las rodajas de la horquilla, que con mas claridad se ven en las figuras 300 y 301, están en oposicion numérica con los cilindros ó palancas, es decir, que del lado donde hay una de estas se colocan dos de las otras, y vice-versa, donde están las dos palancas hay una sola rodaja (figura 299); de modo que solo una de las palancas *i i'* puede estar sumergida en el mercurio, mientras que por el contrario la del lado opuesto *y* se hallará en contacto con dicho metal siempre que una de las otras lo esté. El efecto será evidentemente el de no tener en comunicacion el conductor *e e e* de la via única sino con aquel de los dos que protege la via abierta en aquel momento por las agujas. Si se tiene la precaucion de que las palancas y rodajas guarden las distancias proporcionales á la separacion que debe quedar entre las puntas de las agujas y las barras-carriles, se conseguirá que solo cuando aquellas se hallen en su posicion normal haya comunicacion del alambre *e e e* con uno de los opuestos. En cualquier otro caso, las palancas, libres de toda compresion, tocarán con sus extremos exteriores las cabezas *p q* (figura 298) de unos alambres

enterrados, y por consiguiente establecerán la comunicacion entre la tierra y su conductor respectivo, de manera que cuando el tren llegue á entrar en el último alambre cerrará un circúito y recibirá una señal de alarma.

La utilidad de este mecanismo no es difícil de comprender. El riesgo de que un tren tome una via por otra no se convierte en peligro sino cuando hay en ella algun obstáculo, y basta que este se encuentre señalado por cualquiera de los medios indicados, para que el tren que peligra reciba el aviso oportuno. Si por ejemplo un tren que viniera por *G*, debiendo seguir la via *A*, se encontrara con que las agujas tenian abierta la *A′*, el alambre *d′ d′* seria el que estuviera en comunicacion con el conductor *e e*, y aun cuando hubiera otro tren en dicha via, no peligrarian ni uno ni otro, porque se cerrarian el circúito mútuamente, por medio del aparato *C*, antes de llegar á las agujas, en el momento mismo en que ambos tocaran el último trozo de su conductor. No habria, pues, posibilidad de choque ni en ese caso, en que las agujas abren equivocadamente una via por otra; ni podria encontrarse en el punto *E* un tren que marchara de *G* hácia *A* con otro que llegara de *A′* á *G*; peligro á que se halla muy expuesto, entre otros, el cruzamiento de las vias de Southampton y Windsor, á poca distancia de Lóndres, en el South-Western Railway; porque las agujas, mantenidas por el contrapeso en su posicion normal, tendrian solo abierta la via *A*, ó el guarda-agujas, por un error, tendria abierta la via *A′*. En el primer caso, el tren que viniera de *G* pasaria sin obstáculo, y por consiguiente sin aviso de alarma, á la via *A*; pero el que marchase por *A′* recibiria una señal, porque no estando comprimida por la rodaja, la palanca en que termina su conductor se hallaria en comunicacion con la tierra. Si por el contrario las agujas estuvieran equivocadamente abriendo la via *A′*, el conductor de esta comunicaria con el de la via *G*; pero por esa misma razon, dos trenes se cerrarian mútuamente el circúito tan luego como marcháran so-

bre el último trozo de su conductor respectivo. Estos trozos deberian, por otra parte, tener una longitud calculada para que no resultara peligro ninguno en el caso en que el tren, de *A'* por ejemplo, atravesara el espacio *a' C* en el momento mismo en que el de *G* llegara á tocar el principio del último trozo de su conductor *e e*.

La reunion en *a* de los alambres mas largos de los conductores generales de *A* y *A'* en la forma indicada, preserva del riesgo de que dos trenes marchando por las vias *A* y *A'* en direccion de *G*, vinieran á encontrarse en *E* al mismo tiempo, porque luego que ambos llegasen á tocar á dichos trozos del conductor, se cerraria el circúito y recibirian una señal de alarma.

Hay en esta combinacion algun caso en que puede tenerse un aviso innecesario; tal es, por ejemplo, cuando dos trenes que llegan en la misma ó en direccion contraria para tomar diferente via, no lo verifican exactamente en el mismo momento; habria tal vez en realidad tiempo suficiente para que ambos pasaran por el punto *E* sin necesidad de hacer señal, y sin embargo, la tendrian si el intervalo de tiempo no fuera bastante largo, y tocaran ambos el último trozo del conductor respectivo; pero además de que el peligro habria estado cerca, y convendria avisar dicha proximidad, el error y la detencion serian momentáneos, porque adelantándose uno y otro, se hallarian á la vista y reconocerian la causa de la señal recibida.

El tercer riesgo y último de los que creemos puedan ocurrir en las agujas de una bifurcacion ó cambio de via, y que se evita tambien con la disposicion antedicha, es el descarrilamiento por efecto de la mala posicion de las agujas, que por una piedra interpuesta ú otra causa cualquiera, no llegan á juntar ó á separarse lo suficiente de las barras-carriles. Se comprende que no entrando en el mercurio los extremos de las palancas sino en el caso de ser comprimidas por sus correspondientes rodajas, basta que estas se hallen, co-

mo hemos dicho, colocadas de modo que no produzcan su efecto sino cuando las agujas están exactamente enfrente de una de las vias; en el caso contrario, tan luego como se presentara un tren, el circúito quedaria cerrado por el contacto de las palancas de ambos lados con las cabezas de los alambres ó chapas enterradas *q p* y *p'*.

En vez de una cápsula ó baño de mercurio, podria emplearse una chapa metálica, á la cual vinieran á tocar las extremidades de las palancas, siempre que se tuviera convenientemente aislada.

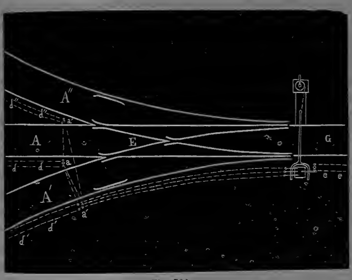


Fig. 302.

La figura 302 y la 300 dan una idea de la disposicion que seria necesario adoptar para el caso en que tres vias se reunieran en una sola; es enteramente igual al que hemos explicado, solo que en vez de dos palancas y dos rodajas para uno de los lados del aparato, seria preciso establecer tres, y en general, tantas palancas y rodajas como vias concurren al mismo punto. En la figura 302 hemos supuesto que las agujas son del sistema belga, lo cual es lo mismo para el aparato; pero como presenta con mas facilidad el tercero de los riesgos que hemos

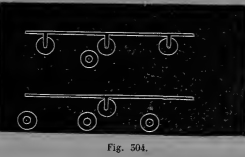
enumerado, se hace aun mas necesario nuestro sistema que para cualquiera otra clase de agujas.

Tampoco creemos del caso hacer una explicacion especial para los cambios de dos vias paralelas; solo se diferencia en que hay dos sistemas de agujas, y por consiguiente necesitaria dos aparatos, como en el sistema de Wyld cuando se reunen tres vias con dos sistemas de agujas independientes: *en general, puede decirse que para cada contrapeso ó manubrio se necesita un aparato, con tantas palancas como vias concurren en un punto.*



Fig. 303.

El sistema de palancas que acaba de describirse para dos ó tres vias, podria reemplazarse ventajosamente en la práctica por la disposicion representada en la figura 303. A las palancas se sustituirian simples varillas con un codo en cada extremo, inversamente colocado, rodeadas de un cilindro aislador, que por el efecto de los resortes $r\ r\ r\ r$ tocara con sus extremidades las partes metálicas $p\ q$, que comunican con la tierra; y cuando los apéndices ó rodajas aisladoras, unidas á la horquilla, comprimieran los cilindros de las varillas, los resortes cederian, los codos $v\ v'$ entrarian en el mercurio, y las extremidades $c\ c'$ dejarian de estar en contacto con la tierra. La disposicion del resto del aparato y sus efectos serian los mismos que hemos descrito anteriormente con las figuras 300 y 301.


Fig. 304.

Si el plano inclinado que forma el cilindro de las varillas y el de las rodajas (figura 304) presentara dificultad al juego de

la barra, en vez de rodajas se podria adaptar á la horquilla una pieza de materia aisladora, que tuviese la forma indicada en la figura 305, y de esta manera, sin aumentar mucho el rozamiento entre las dos superficies, el cilindro seria comprimido insensiblemente, pero de tal modo, que la extremidad de la varilla de que forma parte se sumergiria enteramente en el mercurio.

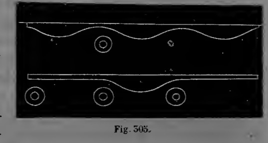
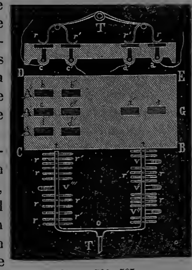


Fig. 305.

Un aparato mas análogo á los que se emplean hoy en la telegrafía, y tal vez por esta misma razon, mas fácil de ejecutar, es el que representamos en las figuras 306 y 307, que se asemeja á los conmutadores de línea ordinarios, en la manera de establecer el contacto; pero al mismo tiempo permite obtener las combinaciones necesarias para evitar todos los accidentes que pueden ocasionar las agujas y que hemos examinado.



Figuras 306 y 307.

Este aparato, que puede ponerse dentro de una caja, y tambien debajo de una campana de cristal, está dispuesto aquí, como en el ejemplo anterior, para el caso en que tres vias vayan á reunirse en una sola: *B C D E* es una pieza de madera, cubierta con una capa de goma laca, gutta-percha ó goma elástica vulcanizada, en la cual hay incrustadas ocho hojas metálicas $a, a', b, b', c, c', d, d'$, dispuestas de dos en dos, como lo indican las figuras 306 y

307, pero sin comunicacion eléctrica entre sí; las láminas interiores a' b' c' d' comunican con la tierra, y las exteriores a b c d con su conductor respectivo cada una.

La horquilla *T*, que recibe su movimiento mas ó menos directamente de las agujas, está destinada á establecer oportunamente el contacto entre el conductor *G* y uno de los otros A A' A'' de la figura 302, y á mantener los dos conductores restantes en comunicacion con la tierra. Con este objeto, la horquilla t o t, aislada del resto de la barra en el punto *0*, resbala sobre la tabla B C D E, apoyada contra unos resortitos r r', que tienen la forma indicada en la figura 306. Estos resortes están encajados con aislamiento, y pueden por consiguiente establecer una comunicacion eléctrica entre las planchas interiores y exteriores que llevan la letra del mismo nombre, sin trasmitir el flúido ni á las barras ni á las otras planchas metálicas. Los resortes se hallan casi en contacto unos con otros, y ocupan toda la longitud de la horquilla, excepto en los puntos v v' v'' v''', correspondientes á los sitios en que estaban las rodajas en el aparato de palancas; porque ya se sabe que en ciertas posiciones de la barra es preciso que la comunicacion entre el conductor y la tierra esté interrumpida, y que al mismo tiempo se establezca entre el conductor *G* y aquel de los otros que protege la via abierta por las agujas. Bastará para esto colocar en los espacios v v' v'' v''' otros resortes como la mitad de los r r', de manera que no puedan apoyar sino sobre las planchas exteriores a b c d; estando estos resortes en contacto metálico con la horquilla t o t y los r r' aislados, no establecerán la comunicacion sino entre el conductor *G* y uno de los otros A A' A'', porque los conductores que no correspondan á las planchas pisadas por los resortes v v' v'' ó v''', estarán en comunicacion con la tierra por los resortes r r', mientras que los que correspondan á las dos planchas que quedan debajo de dichos medios resortes tienen interrumpido el contacto con la tierra para establecerlo uno con otro; en una palabra, todos los casos son entera-

mente iguales á los del aparato de palancas y rodajas de las figuras 300 y 301.

Para que el aparato tenga toda la precision requerida, es necesario que la dimension de las planchitas metálicas sea proporcional al juego de las agujas, de manera que no haya contacto entre los dos conductores opuestos sino cuando aquellas estén perfectamente bien colocadas. Los espacios $v\ v'\ v''\ v'''$, no ocupados por los resortes dobles de la barra, deben ser exactamente de la misma longitud que el ancho de las planchas metálicas; los resortes colocados en medio de esos espacios, que no comunican sino con las exteriores, deben tener $1/3$ de dicho espacio; y finalmente, la distancia entre los resortes $r\ r\ r$, convendria que no fuese nunca mayor que la mitad de esa misma longitud.

Es inútil repetir para este aparato que se necesitarian tantos pares de láminas ó planchas como vias concurriesen al mismo punto.

Túneles. — Puede suceder que en los túneles la distancia entre los carruajes y las paredes sea excesivamente pequeña. Este caso, que ninguna dificultad ofreceria si los alambres conductores estuviesen colocados en la entrevia ó en la misma via, ya pasando por debajo de los trenes, ya por encima, ocurrirá muy rara vez; pudiera, sin embargo, dar la casualidad de que se presentara cuando las circunstancias locales ó consideraciones económicas no permitieran otra disposicion del conductor general que la que nos sirvió en nuestros primeros ensayos, es decir, aprovechando los postes del telégrafo; pero aun así, este sistema podria resolver la dificultad de una manera satisfactoria, señalando oportunamente el peligro cuando lo hubiera.

Una de dos: ó el túnel que hay que atravesar es de una sola via, lo cual no es muy comun, ó es de via doble. En el primer caso, es absolutamente indispensable evitar, como sucede en el dia, que entre en él un convoy mientras haya otro dentro;

en el segundo basta que los dos trenes estén seguros de que marchan por la via libre.

Suponiendo en primer lugar que el túnel es de una sola via, veamos la disposicion que puede adoptarse para advertir á un tren oportunamente que hay otro dentro y que debe detenerse. Para esto se colocarán á lo largo del subterráneo $T\,T$ dos alambres conductores $c\,c$, $c'\,c'$ (figura 308), aislados por una capa de gutta-percha, y enteramente independientes del conductor general, que termina á las entradas del subterráneo. Los alambres $c\,c$, $c'\,c'$ deben tener no solo la longitud del túnel, sino un exceso igual á $\frac{2v-s}{2}$ en ambos lados. Uno de sus extremos se pondrá en contacto con uno de los polos de un generador eléctrico P, provisto de su aparato de alarma, dejándose el otro polo en comunicacion con la tierra; la segunda extremidad de cada alambre permanecerá aislada, pero debe ponerse en contacto con la tierra por medio de un resorte, palanca ó cualquier otro interruptor conjuntivo Y, en el momento en que un tren pase por frente á ella; y cerrado de esta manera el circúito eléctrico, se tendrá una señal en el aparato de alarma colocado en el otro lado del túnel.

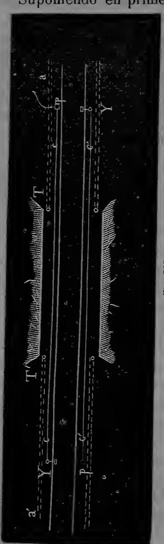


Fig. 308.

Se concibe que si los dos alambres $c\,c'$ están dispuestos de manera que de cada lado del subterráneo haya un extre-

mo *P* provisto de su aparato de alarma, y otro *Y* aislado por el interruptor que lo pone en comunicacion con la tierra cada vez que pasa un tren por encima, los dos guardas encargados de cuidar las entradas quedarán avisados en el mismo momento en que un convoy vaya á entrar por la boca opuesta del túnel, y cerrarán el circúito del conductor general *a T* por el medio ordinario, es decir, por el comunicador metálico de horquilla, advirtiendo así á los trenes que pudieran acercarse por aquel lado. Cuando el tren sale del túnel, los guardas reciben una señal que les advierte que la via queda libre; pero para evitar toda confusion entre la señal de entrada y la de salida, basta que el guarda del punto por donde se ha verificado esta, cierre y abra dos ó tres veces seguidas el circúito del alambre *c c* ó *c′ c′*, segun la boca por donde haya salido; y como la entrada del tren se marca por una sola, desaparece toda equivocacion.

Con el auxilio de dos electro-imanes y un sistema sencillo de comunicadores, ó lo que es lo mismo, con dos aparatos reotómicos sustituidos á los de alarma, podria conseguirse fácilmente que al llegar un tren al interruptor *Y* obrara el aparato *P* del otro lado, y pusiera automáticamente en comunicacion el conductor general *a T* con la tierra, de manera que un tren al llegar al punto *a*, cerraria un circúito, recibiria una señal de alarma, y vendria á detenerse á una distancia de la boca del túnel, suficiente para que el tren que saliera de este pudiera tambien detenerse sin chocar; ó lo que es mejor, el primero entraria en un apartadero indispensable en semejante caso, y el que sale del subterráneo seguiria su marcha sin obstáculo, rompiendo al pasar por delante de *P* la comunicacion que habia establecido desde *Y*, entre el alambre *c c* y la tierra.

Lo que hemos propuesto para subterráneos de una sola via, seria aplicable, duplicando los alambres y aparatos, á los de dos, si no estuvieran dispuestos de manera que en cada uno marchase el tren siempre en la misma direccion; porque en ese

caso bastaria un solo alambre para cada via, á fin de advertir que el tren habia salido del túnel y que podia entrar otro.

No son estos los únicos casos en que podria aplicarse el sistema de señales eléctricas que proponemos para evitar accidentes en los caminos de hierro, pero son los principales, los que ocurren con mas frecuencia, y los que parecen mas difíciles de evitar, á pesar de la estricta rigidez con que se procuran guardar los reglamentos, y de toda la exactitud con que se aplican los medios que están hoy á la disposicion de los ingenieros en los caminos de hierro; creemos pues inútil proseguir esta tarea para explicar cómo, entre otros ejemplos, se cerraria un circúito eléctrico cuando el tren marchara con una velocidad superior á la que seria prudente llevar en las curvas de pequeños rádios, pues se comprende que un regulador de bolas semejante al de las máquinas de vapor podria hacer que se produjera la señal eléctrica cuando la velocidad las hiciera separar demasiado: posteriormente á nuestra idea, hemos visto que se ha propuesto el mismo medio para un regulador de velocidades puramente mecánico, en que no interviene la electricidad.

Tampoco nos detendrémós á describir circunstanciadamente los medios de hacer obrar los frenos de los trenes sin el auxilio de la mano del hombre, y solo con el hecho de cerrarse el circúito producido por un peligro, como lo explicamos al hablar del regulador en el caso en que un tren marche sin maquinista que lo guie.

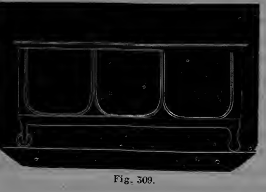


Fig. 309.

Habiamos pensado dar á los wagones-frenos una forma

particular, representada en las figuras 309, 310 y 311, que haria tal vez menos peligrosos los descarrilamientos por la

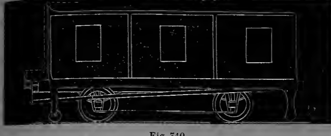


Fig. 310.

ruptura de un eje, y disminuiria el deterioro de las ruedas, impidiendo que se gastaran con desigualdad en su periferia;

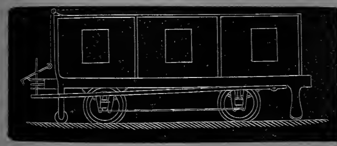
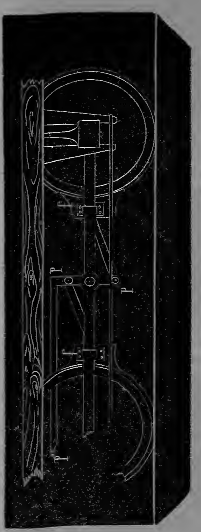


Fig. 311.

pero siendo la resolucion de este problema hasta cierto punto independiente del sistema de señales eléctricas, nos parece inútil explicarlo en este momento; tanto mas, cuanto que los frenos comunes (figura 312) se pueden echar tambien sin el auxilio de los guarda-frenos; para lo cual no hay mas que hacer obrar directamente sobre la palanca pp', que forma una sola pieza con $p\,p$, un peso, que quedaria libre en el momento de cerrarse el circúito, y que obligaria á las dos piezas $f\,f$ á apoyarse contra las ruedas para producir la friccion necesaria.

En la cuestion de frenos debemos confesar que aunque con dos años de posterioridad, M. Achard ha resuelto el problema de una manera mas satisfactoria, á nuestro modo de

ver, y creemos que sus frenos eléctricos son el verdadero complemento del sistema que hemos propuesto para señalar los peligros.


Fig. 312.

Para no dejar nada que desear acerca de la seguridad y medios de comunicacion de un tren en marcha, convendria que todos llevaran un telégrafo portátil de los mas sencillos, el de Breguet por ejemplo, que tan luego como se sintiera una señal de alarma en los dos trenes, les permitiese comunicarse, si la distancia á que se habian detenido ó la oscuridad les impidiera verse y hablarse, ó emplear otros medios de comunicacion mas expeditos. En una palabra, con nuestro sistema, dos trenes no entablarian una conversacion sino despues de haberse avisado su proximidad, con una señal independiente de la voluntad de los empleados del tren. En el último capítulo discutirémos si no es esto mas ventajoso que lo que mucho tiempo despues ha propuesto Bonelli.

Hemos dicho ya, pero conviene recordarlo, que al indicar los diferentes medios de cerrar el circúito eléctrico en cada caso dado, no ha podido ser nuestro ánimo presentar-

los como únicos, ni mucho menos como perfectos, sino solo citar ejemplos, que podrán variar infinitamente sin alterar por eso el principio.

En resúmen, la base principal de nuestro sistema, lo que lo constituye esencialmente, es llevar en los trenes un generador eléctrico, provisto de su aparato avisador, en comunicacion con dos conductores paralelos á la via, de los cuales el uno puede ser la tierra ó las barras-carriles, y el otro, perfectamente aislado, debe componerse de una doble série de conductores parciales, colocados de una manera alternada. Esta disposicion permite á un tren recibir una señal eléctrica á una distancia conveniente del peligro, designada de antemano, cualquiera que sea el punto de la via en que se halle este peligro; disposicion en fin, que es tal vez la única con la cual puede establecerse una comunicacion eléctrica entre dos trenes en marcha, entre un obstáculo y el tren, y entre este y los guardas de la línea, si han de concurrir las dos circunstancias enunciadas de obtenerla en todos los puntos de la via y á una distancia dada, suficiente á detener el tren oportunamente.

Dejamos á la consideracion de cualquiera persona algo versada en la materia, juzgar si con un sistema que llene estas condiciones, combinado con un reglamento fruto de la experiencia, y bien observado, como suelen serlo en general los de los caminos de hierro, no cambiaria la faz de este género de locomocion, haciendo desaparecer las causas que producen esos terribles accidentes tan fatales al viajero y tan perjudiciales á las empresas.

En este capítulo no hemos hecho mas que exponer el sistema; en el último, al emitir nuestra opinion sobre todos los que han llegado á nuestra noticia, discutirémos las objeciones que se le han hecho, ya en las obras publicadas despues de su aparicion, ya por los ingenieros y directores de los caminos de hierro á quienes lo hemos presentado.

CAPITULO XIII.

SISTEMAS PROPUESTOS PARA EVITAR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO, POR MEDIO DE LA ELECTRICIDAD.

Expuestos los sistemas que se han adoptado ya, con mas ó menos generalidad en los caminos de hierro, y el que lleva nuestro nombre, dedicarémos este y el siguiente capítulo á la descripcion de los demás que tienen el mismo objeto, no conservando el órden cronológico, aunque sí harémos mencion de las fechas, porque conviene presentarlos agrupados con arreglo á una clasificacion fundada en el resultado que se han propuesto obtener sus autores; clasificacion que explanarémos en el capítulo xv, al comparar los sistemas entre sí. Empezarémos por dar á conocer aquellos que no pueden figurar en ninguno de los grupos, ya por la vaguedad de las noticias que tenemos acerca de ellos, ya porque sus autores no han empleado la electricidad sino indirectamente y con un objeto muy limitado.

James Godfrey Wilson solicitó un privilegio el 24 de diciembre de 1852; sin hacer explicacion ninguna sobre los medios de ejecutar las modificaciones que se proponia introducir en los carruajes para carreteras y caminos de hierro y en las locomotoras, enuncia entre otras las dos siguientes:

1.ª Construir los frenos de manera que en vez de aplicarse á la periferia ó llanta de la rueda, actúen sobre el exergo, ya sea interior ya exteriormente.

2.ª Hacer que la superficie del freno que se aplica á las ruedas sea de hierro dulce, de manera que pueda convertirse en un iman poderoso por los medios ordinarios, al

mismo tiempo que se determina el contacto con la llanta ó el costado de la rueda, y esta, dice, permanecerá inmóvil por la accion magnética.

El *Dr. Watson* ha hecho experimentos en noviembre de 1852, ante una asamblea de sábios y de personas empleadas en los caminos de hierro, para valerse de la luz eléctrica en semaforas de su invencion, que parecen mas eficaces que las actuales.

La noche de la prueba era sombría y agitada, y por consiguiente muy á propósito para ella. El aparato, tan útil en los dias de gran niebla como de noche, es muy sencillo: consiste en una caja circular, colocada de canto en lo alto de un poste, cuyo fondo y tapa están atravesados por cierto número de agujeros, formando un círculo cruzado por un diámetro vertical, y unas pantallas, movidas por un sistema de cuerdas y de palancas, permiten cerrar á voluntad los agujeros. Se coloca una de las lámparas eléctricas del Doctor Watson en la caja, cuyo interior está revestido de una hoja metálica brillante ó de un espejo de vidrio plateado. Los agujeros se hallan practicados á una distancia de 5 centímetros unos de otros, y por efecto de las pantallas pueden representar un anillo, un semianillo, una línea recta ú otras figuras, cuya combinacion y repeticion dan un repertorio de señales variadas y suficientes. Estas, en tiempo de niebla pueden percibirse distintamente á 2,400 metros, y á una distancia triple cuando el tiempo es bueno; se ve pues cuán ventajoso seria sustituir la forma del objeto luminoso al color de la luz, que muchas veces ofrece dudas á una distancia de 600 metros.

El aparato puede disponerse de manera que sirva á la vez para varios caminos de hierro en los cruzamientos, y el Dr. Watson calcula que el gasto de su alumbrado no excederá al de las lámparas que se usan actualmente.

Discos luminosos de Breguet (publicado en las *Aplicaciones de la electricidad* por Du Moncel en 1857).—Cuando los cami-

nos de hierro, cerca de las estaciones, forman una curva de corto rádio, y se desarrolla en desmonte ó rodeando colinas de alguna elevacion, es imposible por la noche percibir á cierta distancia de los trenes los discos de señales que se manejan desde las estaciones, y no pueden por consiguiente ejecutarse las órdenes trasmitidas. Como Watson, Breguet ha tratado de reemplazar los discos de señales con unos aparatos eléctricos-luminosos, multiplicados en varios puntos de la curva y susceptibles de maniobrarse á una distancia mucho mayor que los discos ordinarios.

Constan de una caja de encina herméticamente cerrada, sin mas que una abertura de un decímetro de diámetro próximamente. En el interior de ella hay una lámpara pequeña, con su reflector, cuya luz se proyecta por la abertura circular en el momento en que la via no está libre; pero queda cubierta con una pantalla, que se interpone delante de la citada abertura cuando el mecanismo electro-magnético no está en accion. Este es sumamente sencillo. La pantalla se halla colocada al extremo de una palanca que gira en el punto medio, teniendo en el otro extremo un contrapeso para hacerle equilibrio. En el eje mismo de la palanca hay un piñon, que engrana en un arco de círculo dentado, dispuesto perpendicularmente al brazo mas largo de otra palanca, en que el mas corto sirve de armadura á dos electro-imanes colocados inversamente; de modo que segun el sentido de la corriente que los atraviesa, cuando el uno la atrae el otro la repele. Se concibe que con un simple inversor, empleado como manipulador, la corriente cambia de nombre, la armadura se dirige á uno ú otro electro-iman, y por medio del engranaje que relaciona ambas palancas, la pantalla cubre ó deja abierta la abertura por donde se proyecta la luz á la via.

Mr. Van Wormhoudt ha propuesto un sistema general para evitar accidentes en los caminos de hierro, privilegiado en Bélgica el 3 de julio de 1855. Con él se propone impedir los descarrilamientos que ocasiona un cuerpo extraño en la via

por medios puramente mecánicos, pero echa mano de la electricidad para evitar los choques de los trenes entre sí. No hemos tenido ocasion de examinar este sistema, acerca del cual sabemos únicamente que cada tren lleva su aparato telegráfico.

Tampoco hemos podido estudiar el privilegio de *M. Crestin*, pedido en Bélgica el 16 de noviembre de 1855, cuyo sistema consiste, segun parece, en establecer alambres conductores á lo largo de la via, puestos en relacion con dos aparatos eléctricos que lleva cada locomotora, uno receptor y otro manipulador.

PRIMER GRUPO (1).

Sistema de Tabourin (24 de enero de 1854).

El sistema de M. Tabourin, jefe de estacion de la Ferté Bernard, tiene por objeto separar dos trenes entre sí por una distancia determinada, y no por el espacio de tiempo que debe transcurrir entre su partida y llegada á esos mismos puntos; porque, dice el inventor, «este seria siempre un medio equívoco de seguridad, no debiéndose las variaciones solo á la voluntad de los que dirigen la locomocion, sino á una multitud de circunstancias independientes de ella, que á pesar de todas las precauciones que se han tomado hasta el dia, pueden ocasionar sorpresas, únicas ó principales causas de los choques.»

Toma el autor por ejemplo la línea de Paris á Lyon, y la divide en tantos puntos como estaciones, en la inteligencia de que si hubiera algun intervalo demasiado largo entre dos de ellas, estableceria puntos intermedios, dándoles á todos su número de órden.

En cada punto ó número establece un puesto telegráfico, y el servicio de discos ó de señales que cierran la via lo hace la locomotora misma al pasar. Supóngase un tren que

(1) A este grupo pertenece tambien el sistema de Cooke, ya descrito en el capítulo XI.

sale del número 1, y al salir cierra la via; cuando llega al número 2, la cierra de nuevo en aquel punto, pero entonces es menester que el número 2 avise al número 1 que el tren *n* (porque los trenes llevan tambien su número) ha llegado al punto número 2, que debe abrirse la via en el 1, y puede por consiguiente salir de allí otro tren.

M. Tabourin pretende que en su sistema de seguridad la combinacion electro-mecánica es tal, que no puede haber lugar á olvidos, porque aunque el mecanismo es independiente de la telegrafía, esta se ve forzada, por decirlo así, á funcionar cada vez que debe hacerlo, por el hecho solo de cerrarse la via al pasar la locomotora delante de los discos de señales. Su combinacion ofrece además la ventaja, dice, de obligar á los empleados á tener una vigilancia continua, que no pueden eludir, y que no dejaria pasar desapercibida la menor descomposicion en el mecanismo ó en los aparatos eléctricos. El autor termina aconsejando que de ninguna manera debe aplicarse su sistema valiéndose de la electricidad para ejecutarlo todo; porque aunque pudiera parecer mas brillante á las personas que no reflexionan, está convencido de que desapareceria toda seguridad con la incertidumbre que no podrian menos de ocasionar los aparatos eléctricos.

SEGUNDO GRUPO.

Sistema de Breguet para señales eléctricas de alarma en el caso de desunirse un tren (anterior á 1853).

Cuando ocurre este accidente en una pendiente rápida, el ruido de la locomotora y de los carruajes impide que el maquinista se aperciba del suceso; y como este puede dar orígen á otros mas graves, se ha tratado de unir eléctricamente los carruajes que componen un tren y hacer sonar un aparato de alarma en caso de que se separen.

El primero que ha pensado en hacer esta aplicacion, parece que ha sido Breguet, y la experimentó en el camino de

hierro de Orleans. Siendo el objeto del autor que un avisador eléctrico fuerte produzca una señal en el momento en que la desunion de algun carruaje interrumpe la circulacion de una corriente eléctrica establecida de un extremo á otro del tren, se adivina que la solucion del problema depende del movimiento de un electro-iman (*relevo*) interpuesto en la corriente principal que recorre todo el tren, y que al dejar libre la armadura cierra un circúito parcial, que pasa al través del avisador ó aparato de alarma.

Para establecer el circúito al través de los carruajes, Breguet empleaba unas cadenas con pinzas situadas al lado de las que sirven para unir los wagones; pero además de lo incómodo que era su manejo para los empleados, podian desunirse al menor sacudimiento y producir en la interrupcion de la corriente una señal de alarma inútil.

Sistema de Herman (1853).

El sistema de M. Herman, ingeniero subdirector del camino de hierro de Orleans, que trató de aplicar primero el de Breguet, consiste en hacer que por medio de una corriente eléctrica comuniquen todos los conductores de un tren con el jefe y el maquinista; corriente que pueden interrumpir cuando quieren, y cuya interrupcion, ya sea voluntaria, ya se deba á una causa accidental, hace sonar un aparato de alarma tan luego como se verifica.

Para realizar su idea en 1853, fijó en la parte inferior de la caja de los carruajes dos alambres, envueltos en gutta-percha y perfectamente aislados unos de otros; ambos terminaban por los dos extremos en unos ganchos para unir los de un carruaje con los de otro, al mismo tiempo que se hacia el enganche ordinario de estos. Quedaban, pues, en comunicacion eléctrica los dos alambres de cada carruaje con los correspondientes de los que lo precedian y seguian. Reuniendo despues entre sí los dos alambres del último wagon, y poniendo los extremos de los del primero en comunicacion

con los dos polos de una pila, quedaba establecido un circúito eléctrico. Además del aparato avisador, habia que introducir en dicho circúito tantos reótomos manipuladores como guarda-frenos y conductores se queria que pudiesen trasmitir una señal.

Como vemos, este sistema difiere solo del de Breguet en algunos detalles de aplicacion, que no fueron mas felices que los de aquel, pues no pudo adoptarse el sistema, á pesar de ser el que lo proponia uno de los principales ingenieros del camino de hierro de Orleans.

Sistema de Leon Gluckman (noviembre de 1854).

El objeto de esta invencion, publicada en noviembre de 1854, es establecer una comunicacion eléctrica en un tren desde el último carruaje á la locomotora. Para ello pone el autor debajo del cuadro de cada carruaje y entre las ruedas, en una posicion conveniente, unos largueros de madera de pino, con tantas ranuras en el sentido de su longitud como alambres han de emplearse para trasmitir el flúido eléctrico. El inventor describe las uniones del conductor de unos carruajes á otros, uniones que no nos detendrémos á examinar, porque, segun parece, han sido ensayadas con poco éxito en el ferro-carril de Birmingham. El autor emplea la electricidad voltáica para hacer sonar una campana ú otra señal de alarma cualquiera.

Sistema de Mirand (marzo de 1854).

El inventor de los avisadores ó campanillas eléctricas, que hemos citado tantas veces, M. Mirand, ha resuelto con mas acierto el problema en que Breguet y Herman habian trabajado en vano en el camino de hierro de Orleans. En vez de cadenas con pinzas ó con ganchos, establece á lo largo de todo el tren una cinta embreada, compacta, de tres alambres, sujeta por un extremo en la locomotora, y por el otro arrollada en un torno colocado en el último carruaje; disposicion

con la cual es ya posible alargar ó acortar la longitud del tren sin dificultades, y sin que haya por eso peligro de que se corte la comunicacion eléctrica.

Esta la establecen ó interrumpen aparatos reotómicos, que hacen sonar el avisador ó repique eléctrico instalado junto al conductor en jefe, y el que se pone tambien junto al maquinista, porque entre ambos puede establecerse una correspondencia telegráfico-acústica, gracias al principio en que están fundados los aparatos de Mirand, que explicamos en el capítulo VII (pág. 434 del tomo primero).

El medio de que se ha valido el inventor para enganchar en la locomotora la cinta embreada es bastante ingenioso, porque permite que se escape la punta sin romperse cuando se llega á desunir una parte del tren; pero no nos detendrémos á hacer la descripcion que exigiria; baste decir que es una combinacion de pinzas y de botones, que segun Du Moncel resiste bastante bien á la traccion cuando se tiende la cinta, pero que cede á un esfuerzo algo grande.

Sistema de Fuchs (2 de octubre de 1852).

El número 162 del catálogo de privilegios de invencion tomados en Inglaterra se refiere á un aparato de alarma ó timbre electro-magnético, que Mr. Fuchs propone para indicar automáticamente que se ha abierto una puerta, y en general cuando dos superficies puestas en contacto de antemano se separan una de otra. El principio de este aparato es, pues, la ruptura de un circúito eléctrico que produce una oscilacion repetida en el martillo del repique ó campana de alarma. Conocidos los de Breguet y Mirand, es inútil describir este, cuyo privilegio data del 2 de octubre de 1852, porque si bien es casi contemporáneo al de Breguet, como el autor no dice mas sino que se podria aplicar á los trenes de los caminos de hierro, sin especificar de qué manera, no perteneciéndole la prioridad de la idea, que es realmente de Breguet, y no modificándola de una manera ventajosa, como

lo ha hecho Mirand, solo debe mencionarse para que ocupe su lugar en el catálogo de los que se han dedicado á la resolucion del problema.

TERCER GRUPO (1).

Sistema de Roberto Walker (21 de febrero de 1854).

Consiste este sistema en establecer á lo largo de la via férrea dos líneas de alambres conductores, que se extienden de una estacion á otra, y que comunican con unos indicadores galvánicos que hay en ellas; de este modo, dice el inventor, el guarda ó jefe del tren puede, en caso de accidente, hacer saber á las estaciones inmediatas la detencion, y por lo tanto la interceptacion de la via, así como el sitio en que ha tenido lugar.

Los alambres en su estado normal, es decir, cuando el aparato no marcha, aunque se hallan en comunicacion con los indicadores galvánicos de las respectivas estaciones, están dispuestos de modo que no los atraviesa ninguna corriente eléctrica; para eso, uno de los alambres tiene sus dos extremos en comunicacion con los polos positivos de dos pilas, una en cada estacion; y el otro alambre comunica con los dos polos negativos. Si ocurriese un accidente y se quisiera avisar á las estaciones, no hay mas que unir metálicamente los dos alambres con un instrumento, que tiene un mango y en el cual hay un multiplicador de Schweiger, cuyos extremos terminan en dos garfios que se enganchan en los alambres conductores. Este multiplicador sirve no solo para que el guarda del tren sepa si su señal ha llegado á las estaciones, sino para que de estas le contesten con signos ya combinados de antemano. En la union de los garfios con el multiplicador hay un interruptor disyuntivo, que sirve de manipulador para trasmitir señales. En una palabra, es el mismo sistema de Regnault, que hemos explicado en la

(1) Pertenecen á este grupo los sistemas de Steinheil y Regnault, y el telégrafo portátil de Breguet, explicados en el capítulo XI.

pág. 181; solo que el guarda-tren puede avisar desde un punto cualquiera de la línea, sin tener que ir á buscar los postes en que se hallan los aparatos.

En vez de poner un alambre en contacto con los dos polos positivos de dos pilás, y el otro con los negativos de las mismas, el inventor propone otros medios; pero todos ellos fundados en que la corriente no pasa sino cuando se juntan los alambres, ya sea porque las corrientes se destruyen mútuamente, ya porque no se completa el circúito hasta que se enganchan los garfios del aparato descrito.

Dice tambien el inventor que no pasando la corriente sino en el momento en que se verifica la union de los alambres, podrian usarse dos de los destinados á las comunicaciones telegráficas ordinarias; pero es inútil que nos detengamos á examinar esta modificacion, porque, con todos sus inconvenientes, no tiene ninguna de las ventajas del telégrafo portátil de Breguet.

CUARTO GRUPO (1).

Sistema eléctrico de Mauss (1845).

El sistema de este ingeniero belga, que data del año 1845, y es por consiguiente anterior al de Breguet, que describimos en el capítulo XI, se mencionó en la publicacion oficial de la Academia de Ciencias de Paris del 11 de agosto de dicho año, pero sin pormenores. El objeto que se propuso su autor fué, que en el momento en que un tren pasara por delante de una estacion dada, se supiera el tiempo que habia tardado en recorrer un espacio conocido, y evitar de ese modo que pudiera darse á los trenes una velocidad capaz de comprometer la seguridad de los viajeros.

Sistema de David Lloyd Price (4 de febrero de 1853).

El sistema de Price tiene por objeto establecer á lo largo de

(1) El sistema de Breguet, descrito en el capítulo XI (pág. 178), pertenece á este grupo.

un tren uno ó mas circúitos eléctricos, por medio de los cuales puedan los pasajeros comunicar con el guarda, y este con el maquinista. Para conseguirlo, y para llevar de un carruaje á otro los alambres conductores de la electricidad, ha ideado el autor del sistema diversos mecanismos, mas ó menos perfectos, que no es necesario describir. Emplea dos circúitos diferentes, uno para establecer las comunicaciones entre los pasajeros y el guarda, y otro para establecerlas entre este y el maquinista; en ambos casos el efecto de la corriente es hacer una señal por medio de una campana ú otro aparato de alarma cualquiera.

Mr. Lloyd Price se propone tambien en su invento dar aviso á las estaciones de que el tren se halla á distancias determinadas de antemano; con cuyo objeto, al pasar el último por ciertos puntos, actúa sobre una palanca, la cual completa ó cierra el circúito eléctrico con la estacion, haciendo sonar en ella el aparato de alarma, y dando por consiguiente aviso de su aproximacion.

Sistema de Bordon (noviembre de 1853).

Ignorando sin duda cuanto se habia hecho sobre el particular, M. Bordon tomó en noviembre de 1853 un privilegio, por un sistema mucho menos completo que algunos de los que ya se habian propuesto para evitar accidentes en los caminos de hierro. Las señales, ó mejor dicho, el mecanismo para hacerlas, se halla establecido al lado de la via, y lo ponen en accion los trenes mismos; pero segun parece, es menester que estos hayan disminuido algun tanto la velocidad de su marcha para pasar despacio, y que no deje de establecerse la comunicacion eléctrica; así es que no serviria su idea sino para avisar á las estaciones su salida desde la inmediata, y su llegada al aproximarse, pudiendo los trenes anular por sí mismos la señal cuando dejen libre la via.

Sistema de Bianchi (diciembre de 1853).

Los privilegios tomados por Bartolomé Urbano Bianchi el 7 de febrero de 1854 en Inglaterra, y el 13 de diciembre de 1853 en Francia, recaen en un sistema eléctrico para evitar accidentes en los caminos de hierro. El mas antiguo, es decir, el francés, era solo para las líneas de una sola via; pero su autor lo amplificó por medio de una adicion, poco antes de tomar su privilegio en Lóndres; nos valdrémos pues de este último para dar á conocer su sistema, porque debe comprender el primitivo con las variaciones que introdujo despues.

Consiste la invencion en hacer que los aparatos de telegrafía eléctrica indiquen en las estaciones la posicion de los trenes en la línea, y puedan ponerse en comunicacion dichas estaciones con los vigilantes ó encargados de hacer las señales en los puntos intermedios.

Establece Bianchi un alambre telegráfico aislado á lo largo de la línea del ferro-carril, entre dos estaciones, y lo pone en relacion con una série de aparatos interruptores colocados entre sí á una ó media milla de distancia, de modo que la continuidad del alambre se interrumpe, ó se rompe el circúito en aquel punto cuando pasa un tren. El alambre aislado está además en relacion con un electro-iman en cada una de las dos estaciones, con una batería galvánica ú otro generador eléctrico en ambas ó en una sola de ellas, y por último, ya sea por un extremo del mismo alambre, ya por uno de los polos de las pilas, se hace entrar la tierra en el circúito. Se concibe que una corriente eléctrica que lo recorra constantemente partiendo de la pila, y atravesando los electro-imanes, el alambre y la tierra, mantenga las armaduras en contacto é inmóviles hasta que el tren pase por uno de los interruptores, y produzca una interrupcion momentánea; entonces un resorte separa la armadura, cuyo movimiento deja pasar un diente de una rueda; esta tiene tantos como interruptores el alambre conductor, de suerte que hará una revolucion completa

mientras el tren pasa de una estacion á otra, é indicará en cada una de ellas el paso por dichos puntos, pues el eje de la rueda lleva consigo un índice, que recorre uno tras otro los signos marcados en un círculo graduado.

No comprendemos el inconveniente que le ocurre al inventor sobre la intermitencia del movimiento del índice, ni la ventaja de emplear un mecanismo de relojería, cuya velocidad, dice, corresponda ó exceda á la mayor que puedan tener los trenes, para que llegue al fin de la graduacion del círculo poco antes de que el tren haya llegado al interruptor correspondiente; el índice, añade, se parará entonces hasta que el tren pase sobre el interruptor, en cuyo momento empezará á avanzar otra vez. Si el tren se detiene por cualquier causa, el índice no marchará, y esto mismo indica en la estacion que el tren se halla entre los dos interruptores correspondientes á los signos del círculo ó muestra, de suerte que si la distancia que los separa es de una ó de media milla, solo entre esos límites podrá dudarse de su verdadera posicion.

El movimiento de los trenes en dos direcciones opuestas por la misma via, puede marcarse en dos muestras ó esferas distintas, ó por dos agujas en el mismo círculo graduado, y tambien haciendo que los índices se muevan en línea recta en vez de hacerlo circularmente; de una manera ó de otra, es indispensable que haya dos séries de interruptores, independiente una de otra, y que los trenes que marchen en una direccion no puedan tropezar en los interruptores correspondientes á la contraria.

Cada aparato tiene un *repique eléctrico*, que suena y hace aparecer una señal cuando un tren deja la estacion inmediata á aquella en que se halla el repique.

Se emplea, para comunicar con los guardas del camino, otra línea de alambres, por la cual circula una corriente constante de electricidad, que pasa igualmente por los aparatos colocados en la seccion ó estacion de cada guarda. Dichos aparatos tienen un avisador y una señal que indica peligro

cuando se interrumpe la continuidad del alambre en cualquier punto, y esto, como se comprende, sucede solo en las estaciones ó lo ejecuta cada uno de los guardas.

El sistema de Bianchi es una combinacion del de Tyer y el de Regnault, anteriores al suyo; no nos detendrémos pues á dar á conocer los aparatos, que con muchos pormenores describe en la memoria que acompaña á su privilegio, así como tampoco las disposiciones que adopta para los caminos de doble via; porque no hay en ellos ninguna novedad importante.

Interruptor kilométrico de M. Bellemare (22 de diciembre de 1855).

Un empleado del ministerio de la Guerra en Paris, M. Alejandro Bellemare, tomó el 22 de diciembre de 1855 un privilegio de invencion por un aparato destinado á señalar á las estaciones de uno y otro lado del punto de la via en que se halla establecido, la posicion exacta de un tren; el objeto pues de la invencion no constituye precisamente un sistema para evitar los choques en los caminos de hierro, sino una mejora en el sistema de Tyer, de Du Moncel y de cuantos lo fundan en la interrupcion ó establecimiento de un circúito, haciéndolo solo de trecho en trecho. Aunque el inventor entra en consideraciones sobre la seguridad en los caminos de hierro, y medios de obtenerla con su sistema; como lo único que reclama por suyo, segun el abate Moigno, es el modo de interrumpir la corriente que ha de producir las señales, solo darémos la descripcion del aparato que ha propuesto, con arreglo al extracto que hace *El Cosmos* de la sesion de la Academia de Ciencias en que dió cuenta de él Monsieur Regnault.

El alambre que debe trasmitir la corriente se apoya en los postes telegráficos de la línea; pero de kilómetro en kilómetro se separa de ellos, corre dos ó tres metros por debajo de tierra, y viene á parar al interruptor (figura 313).

Este se compone de una tuerca *E E E* de hierro, sólida-

mente fija en medio de la via, sobre una de las traviesas, ó mejor aun, para evitar los sacudimientos que produciria el paso de los trenes, sobre dos vigas pequeñas ó zoquetes encajados hasta flor de tierra entre dos traviesas. Esta tuerca tiene en su interior un vaso de porcelana, formado de dos partes *P* y *Q;* en el fondo de la segunda hay asegurados dos tornillos *e f*, en los cuales se sujetan los dos extremos del alambre interrumpido en aquel punto. En la posicion de reposo ó normal, los dos tornillos *e* y *f* se comunican metálicamente por medio del resorte *r* fijo en *f*, y que apoya contra un gancho ó codo *c;* en dicha posicion, por lo tanto, pasa la corriente de una estacion á otra.

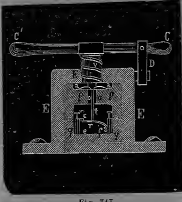


Fig. 315.

La segunda mitad *P* del vaso de porcelana es la tapadera de la otra, y se embetuna la union de ambas; pero la atraviesa por su centro una varilla vertical *t*, que baja hasta un milímetro del resorte *r*, sobre el cual la mantiene suspendida otro resorte ó muelle en arco *a a*. La varilla *t* corre ajustada por la abertura *o*, guarnecida de cuero, y en ella apoya el extremo de la rosca *V*, que se atornilla en la tuerca ó hembra *E:* esta rosca forma cuerpo con la palanca horizontal *C C'*. Veamos cómo obra el interruptor.

En el momento en que pasa por encima de él la locomotora, tropieza con un tope, que lleva al efecto, en la extremidad *C* ó en la *C'* de la palanca, segun marche hácia uno ú otro lado del camino; la palanca entonces da vueltas, la rosca baja, y baja con ella la varilla *t;* esta separa instantáneamente el resorte *r* del codo *c*, y la corriente se interrumpe momentáneamente. Despues que pasa la locomotora, la palanca *C C'* vuelve á su primera posicion por efecto del resorte *D;* el vástago *t* se levanta al mismo tiempo por la accion de los mue-

lles a a, el r sube inmediatamente y restablece la comunicacion entre e y f.

Se observará que si un tren se ve forzado por una circunstancia cualquiera á ir hácia atrás durante algunos instantes, no puede producir interrupcion en la corriente, porque empujando la palanca C C' en sentido inverso, no hace mas que obligar á subir el vástago T, que acompaña en su movimiento al tornillo V.

Como verémos en el último capítulo, dicha circunstancia no basta para remediar el inconveniente que tienen este y todos los demás sistemas fundados en el mismo principio, y es el de hacer marcar algunas veces en los contadores de las estaciones una posicion distinta de la que realmente ocupan los trenes.

Las verdaderas ventajas de este interruptor son: primero, la de tener un aislamiento mas perfecto que otros de su especie, y segundo, proporcionar un contacto seguro y bastante prolongado para que tenga lugar la accion electromecánica. En cuanto á la tercera ventaja, que le supone Du Moncel, de que puedan los guardas servirse de él con facilidad para trasmitir señales de alarma, y la que indica Moigno, de aplicarlo á señalar la llegada de los trenes á las bifurcaciones, ya verémos en qué casos seria realmente útil, y las condiciones que exige para ello.

En la sesion que tuvo la Academia de Ciencias de Paris el 7 de julio de 1856, se dió cuenta del feliz éxito de los ensayos verificados con el interruptor de Bellemare por su autor y M. Breguet en el camino de hierro del Oeste. Segun el informe leido, el choque de la locomotora con el interruptor era inofensivo, y el aparato hacia muy bien su efecto, aun marchando los trenes con una velocidad de 78 kilómetros por hora.

QUINTO GRUPO.

Sistema de James Godfrey Wilson (29 de octubre de 1852).

Consiste la invencion de Wilson en un aparato de señales puesto en movimiento por el paso de cada tren, y que continúa en él todo el tiempo por el cual se ha regulado; marca los minutos con una manecilla en un círculo graduado, é indica, por consiguiente, el tiempo trascurrido desde el paso de un tren por el punto en que se halla fijo el aparato. Como el autor se vale de la electricidad para que el paso del tren influya en aquel, se comprende que este puede actuar á la distancia que se quiera del punto en que el tren ha de señalar su paso.

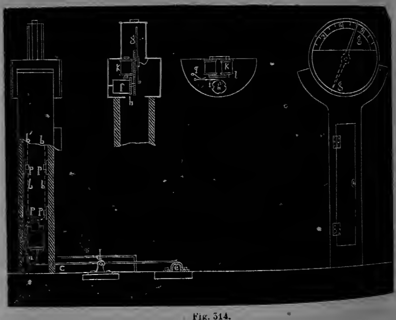


Fig. 314.

El aparato no puede ser mas sencillo: es una esfera de reloj, en que se hallan marcados doce minutos, pero que puede variar segun el mecanismo de relojería que se aplique en *f* (figura 314), al cual va unida una larga manecilla *g* y una

rueda *h*, en cuya periferia hay cuatro muescas equidistantes y con el intervalo proporcional al número de divisiones de la esfera; es decir, que si la manecilla ha de recorrer en doce minutos todas las divisiones de la parte visible de la muestra, el mismo tiempo ha de tardar en hacer la rueda *h* la cuarta parte de su revolucion; *i* es un fiador que puede girar al rededor de un punto fijo y encajar en las muescas de la rueda *h* ó adherirse á la armadura *l* de un electro-iman cuando pasa por este la corriente de una pila ordinaria por medio de los alambres *b b'*, que se guian por los aisladores *p p p p*, y cuyos extremos van á reunir los polos de la pila cuando la varilla *n*, al levantarse, los toca á ambos. Esta varilla está unida por una pieza de materia aisladora á la palanca *c*, que gira al rededor del punto *d*, y cuyo brazo opuesto va á parar al carril *e*, de donde sobresale un poco para que el paso de los carruajes de un tren, haciéndolo bajar, levanten la varilla *n* y establezcan la comunicacion eléctrica.

El efecto del aparato de señales, cuando se verifica esto, es fácil de comprender: establecido el circúito, el electro-iman atrae por un momento el fiador *i*, deja en libertad la rueda *h*, que empieza á hacer su revolucion juntamente con la aguja *g*, hasta que trascurridos los doce minutos, llega la otra muesca, se introduce en ella el gancho del fiador y cesa el movimiento. Un resorte antagonista *q* impide que el magnetismo remanente mantenga el fiador adherido á la armadura del electro-iman cuando ha dejado de pasar el tren, y se abre por consiguiente el circúito.

El maquinista de otro tren que siga de cerca al primero, sabe por la inspeccion de la muestra el tiempo que ha trascurrido desde el paso del anterior, y aunque no lo dice el autor del sistema, debe detenerse si no llega á los doce minutos; porque en ese caso, su paso no seria señalado con exactitud por el aparato, y habria el peligro de engañar á un tercer tren que viniera detrás.

Para las señales de noche y para las nieblas, propone Wil-

son el empleo de la luz eléctrica ó cualquiera otra convenientemente dispuesta.

Sistema de Jonathan Sparrow Crowley para poner en movimiento los discos y las agujas por medio de la electricidad (8 de noviembre de 1852).

Consiste esta invencion en aplicar á las actuales señales de discos que se usan en los caminos de hierro un electro-iman, que mantiene constantemente la señal de *via libre* mientras se halla cerrado el circúito de una pila voltáica; pero en el momento en que la llanta de la rueda obra sobre una palanca que venga á parar junto al carril, el circúito se interrumpe, y el electro-iman, perdiendo su poder, deja en libertad un contrapeso, que hace aparecer en el disco la señal de peligro, y esta permanecerá mientras no se complete de nuevo el circúito. A esto se reduce la descripcion que da Crowley de su sistema, añadiendo que en vez de hacer que la interrupcion de la corriente produzca una señal visible, se puede combinar el aparato de manera que actúe sobre una campanilla ú otra señal perceptible al oído, ya sea en la estacion, ya en cualquier otra parte de la línea.

Las agujas, dice el inventor en la segunda parte de su descripcion, pueden hacerse maniobrar de la misma manera, es decir, manteniéndolas en cierta posicion por medio de un electro-iman poderoso, y el circúito eléctrico se establece ó se interrumpe por la accion de las llantas de las ruedas sobre una palanca convenientemente dispuesta para auxiliar el movimiento por medio de contrapesos.

Sistema de Fragneau (28 de octubre de 1853).

El 28 de octubre de 1853 tomó M. Fragneau, empleado superior del camino de hierro del Mediodía, un privilegio de invencion por un aparato eléctrico destinado á impedir el encuentro de los trenes, avisando á tiempo al maquinista, dice el título de su descripcion. El sistema se reduce á poner en mo-

vimiento, á cierta distancia y en puntos determinados, un disco, valiéndose para ello de un electro-iman atravesado constantemente por una corriente eléctrica. Mientras el electro-iman conserva su propiedad magnética, la armadura permanece en contacto con él, y el mecanismo que tiende á hacer mover el disco se halla sujeto; pero en el momento en que se interrumpe la corriente, la armadura lo abandona, deja en libertad el mecanismo, y el disco hace un cuarto de revolucion, poniéndose perpendicular á la via é indicando así la presencia de un tren; porque la interrupcion de la corriente no puede tener lugar sino por el paso de la llanta de la rueda sobre una pieza dispuesta en la via al lado de la barra-carril.

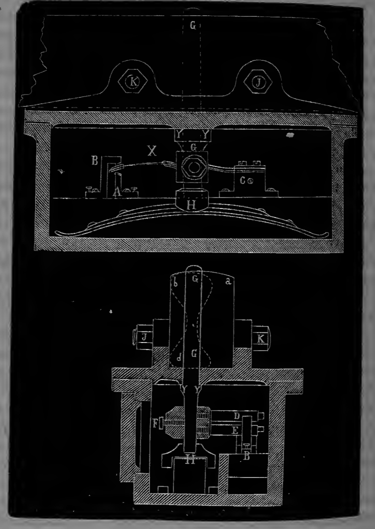
No entrarémos en mas pormenores sobre este sistema; porque el inventor no los da tan claros como los que nos ha proporcionado M. Dumoulin, autor de otro sistema muy semejante á este, aunque mas perfecto; sin embargo, el mérito de la invencion corresponde realmente á M. Fragneau, por mas que M. Dumoulin no conociera sus trabajos, que tienen una prioridad de mas de tres años.

Sistema de señales electromotoras para caminos de hierro, de M. Dumoulin (noviembre de 1856).

Este sistema, que su autor ha imaginado para que los trenes pongan en movimiento por medio de la electricidad los aparatos de señales fijas colocados de distancia en distancia al lado de la via, estriba todo en la disposicion de dos aparatos, que ha llamado manipulador y receptor, por sujetarse sin duda á la nomenclatura de los telégrafos, cuyas dos piezas principales llevan ese nombre, y que mas ó menos semejantes, se encuentran en todos los sistemas de señales, si bien en los automáticos, como es este, no debe conservar la denominacion de *manipulador*.

Uno y otro aparato (dice M. Dumoulin, á quien seguirémos en la descripcion que ha tenido la bondad de comunicar-

nos) se colocan en la via cada dos kilómetros, y se reunen de dos en dos por un alambre conductor, de manera que un manipulador pueda obrar sobre dos receptores al mismo tiempo.



Figuras 315 y 316.

Todos los aparatos reciben la corriente de una ó varias pi-

las, dispuestas al efecto en las cabeceras ó estaciones intermedias, segun la mayor ó menor longitud de la línea, cuyos polos positivos comunican con un alambre distributor, comun á todos, y que puede colocarse en los postes del telégrafo ordinario.

El *manipulador* representado en las figuras 315 y 316 obra por la accion del tren mismo, cuando este pasa por delante de la señal correspondiente. Se compone de una palanca conmutadora, formada de tres ó mas resortes de acero, uno de los cuales *X* es mas largo que los otros, y tiene en su extremo una laminita de platino.

Este mismo extremo se halla entre dos escuadras de metal *AB*, guarnecidas tambien de platino en las caras que han de ponerse en contacto con el resorte *X*, cuando el movimiento debido á la flexion lo haga subir ó bajar. El otro extremo de la palanca ó muelle se halla fuertemente sujeto á una pieza de hierro fundido *C*, que comunica con la tierra ó con la barra-carril por un alambre metálico, el cual establece de esa manera, en el estado de reposo ó normal que representa la figura, la comunicacion entre la tierra y la escuadra *B*, unida á su vez por un alambre conductor especial, con el aparato de señales ó receptor adonde se va aproximando el tren, que como hemos dicho, se halla á unos dos mil metros; la otra escuadra *A* comunica con la señal ó receptor correspondiente al manipulador de que forma parte; es decir, al que se halla en el mismo punto de la línea.

Los tres muelles que componen la palanca conmutadora están cogidos por el medio entre dos clavijas *D E*, reunidas por un mango de hierro fundido y sólidamente fijas por una tuerca *F* á un vástago *G* de acero, ó cuando menos acerado y templado en la extremidad superior. La parte inferior de este vástago entra en una pieza de hierro *H*, semejante por su forma á la arrastradera ó plancha con que se calzan las ruedas de los carruajes, la cual apoya sobre un resorte muy fuerte, que la empuja hácia arriba con una presion de 250 á

300 kilógramos; pero no puede pasar de cierto punto por el reborde Y Y, de que está provisto el vástago.

La barra-carril que corresponde al punto de la línea en que se ha de establecer el manipulador se refuerza, como lo representa la figura 316, por medio de piezas soldadas en uno y otro lado, de suerte que puede atravesarla el vástago G, sin que se debilite por eso, y lo deja sobresalir en la parte superior unos 4 ó 5 milímetros.

Todas las piezas que componen el comutador se hallan en una caja de hierro con las junturas embetunadas, la cual se asegura á la parte superior de la barra-carril por medio de las orejas y pasadores J K.

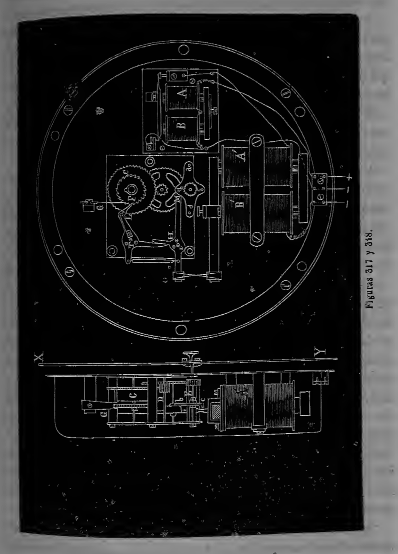
Al pasar por encima del vástago G, que como hemos dicho, sobresale algunos milímetros de la superficie de los carriles, cada una de las ruedas comprime el resorte sobre que apoya, y baja al mismo tiempo la palanca conmutadora X, que con sus multiplicadas oscilaciones pone á la tierra en comunicacion alternativamente con las escuadras A y B. Basta, sin embargo, que para cada tren haya una ruptura del circúito B, y se cierre una vez el circúito A, para que se pongan en accion los receptores correspondientes.

El receptor (figuras 317 y 318) se coloca detrás de una esfera ó disco pintado de blanco, de 1 metro de diámetro y colocado perpendicularmente á la via; su objeto es hacer describir un arco de 90° á unas grandes agujas ó aspas negras X Y, de 1 metro tambien de longitud y de unos 8 centímetros de ancho, que hay delante de los discos.

Por la accion de los conmutadores ó manipuladores estas agujas se colocan sucesivamente en la posicion horizontal (via ocupada) cuando el circúito está cerrado, y en la vertical (via libre) cuando el circúito está interrumpido.

El receptor tiene dos electro-imanes, uno de ellos A B hace las veces de *relevo* ó de reótomo, con una derivacion del circúito, para mantener este cerrado despues que el tren que señala su presencia ha cesado de obrar sobre el manipula-

dor. El otro electro-iman A' B' es mas fuerte y sirve de electro-motor al aparato. El mecanismo propiamente dicho se compone de las ruedas C, D, E.



Figuras 317 y 318.

La primera C tiene un barrilete con su resorte como los que se emplean en la relojería; y tanto la rueda como el bar–

rilete pueden girar libremente al rededor de su eje; pero este tiene una rueda de escape *F* de sesenta dientes, y el resorte, que se monta de antemano, se halla sujeto por un fiador *G*, que engancha la rueda de escape.

La tercera rueda *E* se halla en el eje mismo de la *aguja señal* ó *aspa*, tiene cuatro palancas *a b c d*, dispuestas en ángulo recto, de longitudes diferentes, dos á dos; es decir, que *a* es igual á *d*, y *b* igual á *c*; pero las dos primeras mas largas que las segundas.

Estas palancas están provistas de unas clavijas, y constituyen por lo tanto una especie de rueda de escape de cuatro dientes.

Un sistema de palancas como los topes de un árbol de bocarte ó de martinete, que se pone en movimiento por la armadura del electro-iman *A′ B′*, sirve en primer lugar para armar ó tender el resorte del barrilete, por medio de la palanca *L*, á medida que se va aflojando; y además para soltar, por medio de la palanca *M*, las clavijas de la rueda *E*.

La relacion entre la rueda del barrilete y la del eje de la aguja-señal es de 1:30, para que el resorte se mantenga tendido indefinidamente. En efecto, cada movimiento doble de la paleta del electro-iman *A′ B′*, es decir, á cada subida y bajada, corre un diente de la rueda *F* del resorte, que se tiende, y se sueltan dos clavijas del escape *E*, ó lo que es lo mismo, da media vuelta; resulta pues que cuando han pasado los sesenta dientes de la rueda *F*, esta ha dado una vuelta completa y la *E* sesenta medias vueltas ó treinta completas; por consiguiente, hallándose en la relacion de 30 á 1 las ruedas *C* y *E*, esta en cada vuelta no le hará dar á aquella sino $^1/_{30}$ de vuelta, y esa cantidad solamente será la que pierda en tension el resorte del barrilete.

Sigamos ahora la marcha de la corriente voltáica y examinemos la disposicion de los alambres conductores (figura 319).

En esta figura los electro-imanes motores de cada señal,

así como los reótomos, se hállan separados de los discos y dispuestos arbitrariamente, para que se vea mejor la disposicion de las diversas comunicaciones del circúito.

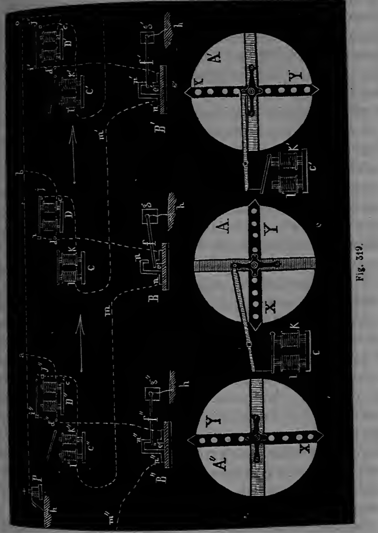


Fig. 319.

La posicion de las aspas *X Y* en sus esferas respectivas anuncia la presencia de un tren, cuya direccion está indicada por la flecha.

La primera rueda del convoy, al pasar delante de la señal *A*, pone el manipulador *B* en la posicion que ocupa en la figura; es decir, que interrumpe la comunicacion con la tierra en *n*, ó sea en el circúito de la señal precedente, y la establece en *e*, y entonces el circúito de la corriente voltáica, que viene de la pila *P*, se encuentra cerrada por la tierra, recorre la línea *a b c d e f g h*, atravesando el reótomo *c D d*, cuya paleta se baja y cierra á su vez el mismo circúito derivado en *d*, y ya en comunicacion con la tierra en *n'* por el manipulador *B'* de la señal siguiente, despues de haber pasado por *i j k l m' n'*; de manera que cuando la accion del tren cesa en *B* y el manipulador vuelve á su posicion primitiva, la corriente interrumpida en *e* recorre la línea *a b c d ij k l m' n' f' g' h*; y como el reótomo *D* se halla interpuesto en este nuevo circúito, su armadura se mantiene baja por efecto de la misma corriente, cuya accion continúa hasta que el tren llega al manipulador inmediato *B'*, se rompe entonces el circúito en *n'*, y no puede ya de ninguna manera ser restablecido de nuevo sino por el manipulador *B*, cuando pase por él otro tren.

Ha debido observarse que al paso de un tren, el circúito que cierra el reótomo pasa igualmente por el electro-iman motor *k C l*, cuya armadura, como se ha indicado ya, al bajarse hace correr un diente de la rueda *F* del receptor (figura 317), y deja pasar al mismo tiempo una clavija de las cuatro que componen el escape unido á la aguja-señal; esta toma entonces la posicion horizontal, posicion que persiste hasta que el tren obra sobre el manipulador *B'*; entonces la corriente reotómica se interrumpe, la armadura del reótomo se separa, y con ella la del electro-iman motor, que deja pasar una nueva clavija del escape, haciendo tomar á la aguja la posicion vertical.

Como todos los aparatos de señales están así unidos dos á dos, segun lo indica la figura 319, se comprende fácilmente que siempre que un tren obra sobre un manipulador, la aguja que le corresponde se coloca horizontalmente, mientras que

al mismo tiempo la que la precede vuelve á la posicion vertical que indica *via libre*.

Para las señales de noche hay abiertas en los discos cuatro ventanas largas y estrechas, indicadas con una faja rayada en la figura, dispuestas en cruz, y cerradas con vidrios mates ó raspados. Las agujas ó aspas tienen tambien cada una cuatro ó cinco agujeros circulares, para definir mejor la forma de la luz, y no confundirla con ninguna otra.

Los electro-imanes motores de los aparatos de señales que se hallan próximos á las estaciones, cuando atraen la armadura para cerrar la via con la señal de peligro, establecen un circúito particular por medio de dos resortes de contacto. En este circúito, en la estacion misma, hay un repique de alarma que anuncia la llegada del tren y sigue sonando hasta que este último, al entrar en ella, obra sobre el manipulador de la señal, colocado al pié.

La disposicion de los conductores que acaba de explicarse es para los caminos de hierro de doble via. Cuando el sistema haya de instalarse en los de una sola, los manipuladores se unen á los receptores, de manera que el tren, al pasar sobre uno de ellos, en vez de obrar sobre la señal correspondiente á aquel punto, pone horizontal la aguja de la siguiente, y vertical la que ha dejado detrás.

Sistema de Marqfoy.

En la sesion de la Academia de Ciencias del 7 de diciembre de 1857 se ha presentado la descripcion de un sistema propuesto por M. Marqfoy, ingeniero de la compañía del camino de hierro del Mediodía de Francia. Empezada ya la impresion de nuestra obra en la citada época, nos ha sido imposible procurarnos la descripcion completa del sistema; nos limitarémos pues á dar el extracto que publica *El Cosmos*, y con el cual puede formarse una idea, aunque incompleta, de él.

Los aparatos que emplea M. Marqfoy, igualmente aplica-

bles á los caminos de una y de dos vias, son de cuatro clases, y tienen por objeto: 1.° evitar los accidentes que se deben á un error en el manejo de las agujas; 2.° impedir que dos trenes puedan encontrarse, marchando en la misma ó en diferente direccion por una sola via; 3.° hacer que no sea posible tampoco un encuentro en los caminos de via doble, marchando en la misma direccion; 4.° cubrir las estaciones, como lo hacen los discos mecánicos que se emplean actualmente.

«Se han propuesto, dice M. Marqfoy, muchos sistemas para producir señales á distancia por medio de la electricidad; pero todos, *sin excepcion*, tienen un defecto capital: *el de que ninguno da la prueba de que se ha verificado la señal;* por consiguiente, no se puede tener la menor confianza en ellos; y en la actualidad los trenes corren peligros permanentes. Mis aparatos, añade, procuran una seguridad absoluta, porque llenan las condiciones siguientes:

»1.ª Cuando se hace una señal á distancia, un repetidor, movido por el mismo aparato de señales, indica con certidumbre que realmente ha tenido lugar aquella.

»2.ª Está confiada á la mano del hombre la ejecucion de las señales, y cuando el aparato no marcha, hay presente una persona que se haga cargo de ello.

»3.ª En los caminos de una sola via los aparatos se colocan en la fachada de las estaciones, y las señales están así á la vista de los empleados y aun de los viajeros. En los de doble via y en las agujas, así como en las entradas de las estaciones, los aparatos se colocan tambien á la vista de las personas á quienes les interesa verlos.

»4.ª En ninguna circunstancia dan los aparatos la señal de marcha á un tren, si este debe detenerse.

»5.ª Cuando por una causa cualquiera, como la ruptura de los alambres, el mal estado de las pilas ú otra, el aparato no obra á distancia, acusa siempre la descomposicion.

»6.ª Cuando la electricidad atmosférica penetra en el apa-

rato y es bastante fuerte para ponerlo en movimiento, no puede, sin embargo, destruir la señal que anuncia que la via está ocupada.

»7.ª Las señales se ejecutan al pasar todos los trenes, y no en los casos especiales de irregularidad en la marcha; no existen pues los inconvenientes que resultan de descuidar los aparatos ó los de olvidarse de hacer las maniobras.»

Estas condiciones, dice *El Cosmos*, están bien formuladas, y su conjunto, suponiendo que todas se llenen bien, debe procurar una seguridad tan completa como es posible alcanzar. Nosotros, al hacernos cargo de todos los sistemas de la misma especie que este, dirémos cuál es nuestra opinion acerca de la absoluta seguridad que se le atribuye; porque *El Cosmos* continúa diciendo:

«La solucion que ha dado M. Marqfoy de este importante y difícil problema parece mucho mas completa que todas cuantas la han precedido. Breguet ha construido ocho aparatos para via sencilla y cuatro para doble via, que marchan con mucha regularidad en las secciones de Dax á San Vicente y á Burdeos, en el camino de hierro del Mediodía; y como demostracion del sistema, se experimenta toda la série completa en los salones de la Direccion de Telégrafos.»

Hé aquí la rápida enumeracion de los agentes eléctricos y de las maniobras con que se protege cada servicio:

1.° *Servicio para una sola via.* — Se necesita un disco de 25 centímetros, con las dos caras pintadas, una de rojo y otra de blanco; una aguja y tres conmutadores. Cuando la corriente pasa un momento, se desengancha una pieza, y el disco gira 180°. La aguja se mantiene vertical cuando no pasa la corriente; pero en el caso contrario, toma una inclinacion de 45°, y le indica al jefe de una estacion que su señal se ha hecho; además, no puede partir un tren sino en el caso de que se verifiquen las dos condiciones siguientes: que el disco presente la cara blanca y la aguja se halle inclinada.

2.° *Servicio para una via doble.* — Son necesarios un disco

rojo y blanco de 25 centímetros, y una palanca que pueda tomar dos posiciones. La palanca, al obrar automáticamente, presenta su disco y el del guarda precedente con colores distintos; es blanco cuando la corriente circula, y rojo cuando cesa. En el momento en que pasa el tren, el guarda pone la palanca en la segunda posicion, y su disco presenta inmediatamente la superficie roja, queda advertido despues de que el tren ha pasado del guarda inmediato por el cambio automático de su disco, que presenta la cara blanca; entonces coloca la palanca en la posicion de reposo, y deja de hacer la señal de alto. El tren, al pasar, es el que cambia la posicion de la palanca; pero cuando el disco presenta el lado blanco, hay que ponerla á mano en su primitivo estado.

3.° *Servicio de las agujas.* — Los aparatos necesarios son: un contacto eléctrico, colocado en el soporte de las agujas, un disco rojo y blanco de 50 centímetros de diámetro, colocado á 500 metros de la aguja, del lado por donde viene el tren, y puesto en relacion con un alambre conductor. En el estado normal ó de reposo la corriente no pasa y el disco se presenta rojo; pero si la corriente circula, el disco aparece blanco. Cuando las agujas están bien puestas la corriente pasa, y el disco, por consiguiente, deja ver su cara blanca; por el contrario, manifiesta la roja necesariamente cuando están mal colocadas, porque la corriente no circula.

4.° *Servicio de las estaciones.* — Exige un disco de 50 centímetros, rojo por ambos lados; un disco repetidor de 25 centímetros; y una palanca. Cada vez que pasa la corriente instantáneamente, el disco gira 90°, y el repetidor, que se mantiene paralelo á la via cuando no circula la corriente, gira y se pone perpendicular á ella. Ambos discos permanecen paralelos á la via cuando la estacion está en disposicion de recibir los trenes, y perpendiculares á ella cuando está cerrada, es decir, cuando hay otros trenes ó algun obstáculo que impida la entrada.

SEXTO GRUPO.

Sistema de Tyer (enero de 1852).

Este sistema es uno de los mas antiguos, y tal vez el primero en que se ha tratado de establecer una comunicacion eléctrica entre las estaciones y los trenes en movimiento. El primer privilegio que tomó su autor en Inglaterra es del 22 de enero de 1852, y el extracto publicado por *El Mechanics Magazine*, que puede considerarse como la única noticia oficial que existe impresa, está concebido en estos términos:

«Este invento tiene por objeto establecer comunicaciones entre los carruajes en marcha y las estaciones de un ferrocarril, y vice-versa, de las estaciones á los carruajes. Segun el sistema de Mr. Tyer, al llegar la máquina ó el tren á cierta distancia de una estacion, le hace una señal, y recibe al mismo tiempo otra, que le manda esta, avisándole si existe algun obstáculo en la via ó si se halla libre. Tambien cuando el tren deja una estacion le indica automáticamente que ha llegado á un punto determinado, con lo cual se sabe que aquella parte de la línea está libre y puede salir otro tren; de lo contrario, lo detendrian hasta que desapareciera el obstáculo.» En dicho privilegio no se limita Mr. Tyer á un sistema particular de aparatos para efectuar las comunicaciones antedichas. No así en el segundo, tomado el 10 de enero de 1854, en que propone un gran número de interruptores, y otros aparatos que nos seria imposible ir examinando uno por uno; pero de que, sin embargo, darémos una ligera idea, despues de haber hecho conocer su sistema tal cual se halla descrito en un folleto que se reparte en las oficinas de la sociedad formada en Paris para plantearlo, y que debe, por lo tanto, considerarse como la expresion mas exacta de su idea.

»El problema de la seguridad en los caminos de hierro, dice el documento citado, ha sido resuelto por Mr. Tyer.

»1.° Inventando un sistema de señales *automáticas intra-estacionarias* (1) ó entre las estaciones.

»2.° Relacionando estas últimas entre sí.»

Figurándose Mr. Tyer, con fundamento, que la *permanencia* de una comunicacion entre los trenes en marcha y las estaciones traspasaba los límites de la utilidad, y creyendo que bastaba para la seguridad tener en la línea algunos puntos monitores, dispuso colocarlos á distancias iguales, de 1 kilómetro en las rectas, y con intervalos menores en las curvas, pendientes y subterráneos, y en la inmediacion de las estaciones y apartaderos.

Para las señales *intra-estacionarias* ha utilizado Mr. Tyer la flexion de las barras-carriles debida al paso de la locomotora.

Coloca en la parte inferior de la barra-carril, y adherente á ella, un vástago de hierro móvil, que se baja ó cede á la menor presion. Dicho vástago se mueve dentro de un cilindro de cobre y descansa en un resorte de espiral. Cuando el vástago baja por la flexion de la barra-carril, encuentra una lámina de hierro, se establece el circúito inmediatamente, y la aguja del aparato que hay en la estacion indica el paso de un tren por aquel punto de la via.

Tiene pues dos situaciones el aparato colocado debajo de las barras-carriles. Cuando la via se halla libre y la barra-carril no está cargada, el circúito está interrumpido; pero tan luego como la flexion de la barra pone en contacto el vástago de hélice con la lámina metálica, la corriente circula y el monitor eléctrico hace su efecto.

Cuando un tren pasa con una velocidad ordinaria, la estacion recibe una señal cada vez que una rueda hace ceder la barra-carril, y el jefe de la estacion puede apreciar así la rapidez de la marcha y la importancia del tren. Se ve pues que las barras-carriles no se emplean como conductores eléctricos, sino que se utiliza su electricidad como resorte mecánico. En cuanto al circúito eléctrico, se establece de la manera siguiente:

(1) El original dice *signaux intra-stationnaires.*

Del alambre conductor de la línea sale una derivacion que viene á parar al vástago móvil, adherente á la barra-carril, y del resorte metálico parte un segundo alambre, que se une tambien con otro de la línea: ambos alambres, enterrados debajo de la via, están por consiguiente separados en el punto en que actúa el vástago metálico.

Cuando este baja, los pone en contacto, la corriente derivada de la línea principal circula inmediatamente en la derivacion, que se halla cerrada y va á obrar en el aparato de la estacion de llegada.

Dicho aparato, semejante á los telégrafos de aguja, presenta una muestra, en la cual no hay sino las dos palabras *tren* y *libre*. En el momento en que por la flexion de la barra-carril circula la corriente, la aguja se coloca en la palabra *tren* y el aparato de alarma suena. El empleado, al recibir este aviso de la via, que es para él la línea de llegada, sabe que esta via no está libre, que se acerca un tren, y á qué distancia se halla.

Mr. Tyer ha imaginado otra disposicion para responder á la objecion que hubiera podido hacérsele de que es difícil poner el interruptor debajo de las barras-carriles, así como para el caso en que estas se coloquen sobre largueros.

De distancia en distancia, á cada kilómetro por ejemplo, en la parte exterior de la via, y paralelamente á ella, se coloca por ambos lados una hoja ó barra flexible metálica, que comunica con la estacion. Adaptando tambien á cada lado de la máquina un arco metálico, que tropieza con dicha hoja, se establecerá una corriente en el momento en que se verifique el contacto.

Los trenes van provistos de dos electro-imanes. El primero, destinado á dar vuelta á un disco en el momento en que la electricidad circula por sus espiras, atrae la armadura por efecto del contacto de los arcos metálicos con los interruptores.

Este disco tiene dos caras, una blanca y otra roja, para

indicar que la via está libre ó que hay peligro, y puede hacerse aparecer el último color, desde las estaciones, con solo dejar que circule la corriente por el alambre destinado á revelar el peligro.

El segundo electro-iman deja libre un escape, é introduce un chorro de vapor en el silbato de la locomotora. De suerte que por medio de los dos electro-imanes el maquinista recibe simultáneamente dos avisos, que percibe con la vista y con el oído.

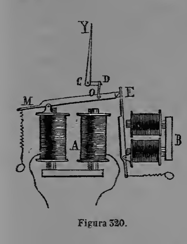


Figura 320.

Otro electro-iman interpuesto en la estacion, en el mismo circúito, da vuelta á otro disco, pone en movimiento el repique de un aparato de alarma, y acusa de esa manera la recepcion de la señal.

Para hacer que estas sean permanentes, Mr. Tyer se ha valido del reótomo de la figura 320.

Este sistema, que Du Moncel asegura, con poco fundamento, se halla aplicado hace tres años en el camino de hierro del South-Eastern, no ha hecho mas que ensayarse en él; y en la fecha en que visitamos dicha línea (abril de 1856), solo con el deseo de ver marchar los aparatos de Tyer y adquirir noticias exactas de su bondad, no lo conseguimos, porque ni se hallaba planteado, ni ninguno de los empleados conservaba mas que el recuerdo de que habia trabajado allí un sugeto de ese nombre; en las oficinas del telégrafo vimos uno de los aparatos de agujas que se describen en su privilegio, y que empleó sin duda en los ensayos.

No es esto decir que creemos que el sistema de Tyer diera malos resultados en los ensayos verificados en Inglaterra bajo la direccion de Mr. Barlow; léjos de eso, no concebimos que pudiera encontrar obstáculos para obtener el efecto que se pro-

ponia; pero tal vez ese efecto no se juzgó suficiente, ó sus condiciones no llenaron los deseos de la compañía del South-Eastern; lo cierto es que esta no adoptó su sistema, y que no es exacto el hecho que sienta Du Moncel, quien por otra parte no es de extrañar lo haya dado por cierto, habiéndolo visto impreso en los pomposos anuncios que hizo en Paris la *Compañía de señales eléctricas*.

Despues de haber tomado un privilegio en 1852, y otro en 1854, Mr. Tyer ha extendido su sistema á hacer señales de estacion á estacion, que distingue y separa completamente de las que hemos expuesto ya, y él llama señales *intra-estacionarias*. Esta segunda parte es, con poca diferencia, igual al sistema de M. Regnault. Hé aquí cómo se da cuenta de él en la memoria ó folleto que reparte la citada *Compañía de señales eléctricas*.

Supóngase que la estacion *B* se halla colocada entre la *A* y la *C*. Hay en ella, y á la vista de los empleados, una muestra ó esfera de reloj, dividida en dos mitades por una barra vertical: la de la izquierda corresponde á la estacion *A*, y la de la derecha á la *C*.

Mr. Tyer admite que la via es para la estacion *B* línea *de llegada* cuando *A* ó *C* le anuncian un tren, y que la misma via es para *B* línea *de partida* ó *de salida* cuando es *B* la que anuncia un tren á las estaciones *A* ó *C*, y en esta convencion se funda la disposicion de la muestra ó esfera de señales.

Cada compartimento ó mitad de esta tiene dos agujas y los letreros siguientes:

Alto en la línea de partida.	La línea de partida está libre.
Alto en la línea de llegada.	La línea de llegada está libre.

Cuando un tren sale de la estacion *B*, el empleado da vueltas á una llave, que hace pasar la corriente eléctrica por su aparato, actúa sobre la aguja y le hace indicar la frase *alto en la línea de partida*. La misma corriente, despues de haber obrado en el aparato que se halla inmediato á la pila, atravie-

sa el alambre conductor que une la estacion con aquella adonde se dirige el tren, y en esta, al mismo tiempo que pone en movimiento la campanilla de un aparato de alarma, hace marchar la aguja de la muestra hasta que se detiene en las palabras *alto en la línea de partida*. El empleado á quien avisa el repique eléctrico fija la vista en la muestra de su aparato de señales, ve que le anuncian un tren, y da vuelta á una llave, que hace mover la otra aguja del mismo compartimento, para decir á la estacion de donde viene la señal que *la línea de llegada está libre*.

Se concibe que de esa manera podria detenerse al paso cualquier tren que viniendo de la estacion que precede, quisiera entrar en la misma via que ocupa el que anuncia la estacion siguiente, como marchando hácia ella en sentido inverso al primero, y si fuera posible que el servicio de estacion á estacion se hiciese con una regularidad y una vigilancia absolutas, las señales *intra-estacionarias* serian inútiles; pero Mr. Tyer cree sin duda, y con razon, que no hay que contar con ello, y que nadie es capaz de responder de que un tren no entrará en una línea antes de que se halle establecido el interrogatorio eléctrico.

El sistema de Tyer, igual en esto, como en otras cosas, al de Regnault, tiene la circunstancia de que la aguja que marca una de las frases indicadas en la muestra por el movimiento que da á la llave el empleado de una estacion, haciendo pasar la corriente en un sentido, no puede cambiar de posicion sino cuando quiera hacerlo el mismo que ha trasmitido la señal, no el que la recibe. En otros términos, cada empleado no puede hacer mover en su aparato sino las agujas destinadas á trasmitir una señal á las estaciones inmediatas, pero no las que le indican señales que le han venido dirigidas por dichas estaciones.

Los aparatos que emplea Mr. Tyer para las señales de estacion á estacion, son dos pilas compuestas de doce elementos de plata y zinc, excitadas por el ácido sulfúrico diluido en

veinte partes de agua; dos electro-imanes que determinan el movimiento de una campanilla ó repique eléctrico, y otros dos que obran sobre un iman permanente para hacer marchar las agujas. Se necesitan además dos alambres de estacion á estacion.

Ya hemos dicho que los ensayos verificados en varios caminos de hierro han tenido buen resultado en cuanto á la manera de marchar los aparatos, lo cual no es de extrañar despues de saber que el sistema de Regnault se halla planteado hace algun tiempo. Las cuestiones que hay que examinar, y eso lo harémos mas adelante, son: 1.°, ¿quién de los dos tiene la prioridad en la invencion? ¿M. Regnault, que asegura haber ideado su sistema en 1847, ó Mr. Tyer, que pretende haber tomado el privilegio antes de que lo planteara su contrario? 2.° ¿Llena realmente este sistema las condiciones que se necesitan para la seguridad en los caminos de hierro? ¿Hay verdaderas novedades en él? No lo creemos, y esperamos demostrar una y otra cosa con razones de algun peso.

Para que la semejanza entre el sistema de Regnault y el de Tyer sea mas completa, vemos en el folleto tantas veces citado (1) que el último adopta tambien lo que llama *aparatos de socorro* para hacer saber á las estaciones que ha ocurrido algun accidente. Estos aparatos, dispuestos en una caja sólida y provistos de una pila en comunicacion con el alambre de la línea, se colocan en los postes de esta, de distancia en distancia, y no pueden marchar sino con auxilio de una llave que tiene el guarda-tren; lo cual no creemos que sea mas ventajoso que lo que propone M. Regnault. Hay sin embargo, en el sistema de este algunos inconvenientes, segun Du Moncel, que Tyer ha evitado, y son: 1.°, no emplear para los aparatos de señales agujas imantadas, cuyo magnetismo se altera fácilmente por una porcion de causas; 2.°, no

(1) *Les collisions et l'électricité.— Système Tyer.*— Paris, imprimerie de Martinet, 1855.

hacer obrar las corrientes eléctricas sino en el momento en que se necesitan, de suerte que no hay pérdida de fuerza ni consumo inútil de zinc y de sulfato de cobre.

En resúmen, el sistema de Mr. Tyer tiene por objeto aumentar la seguridad en los caminos de hierro por los medios siguientes:

1.° Estableciendo una relacion tal entre las estaciones, que ningun tren pueda entrar en el intervalo que separa dos de ellas, sin que un empleado avise antes que va á salir el tren, y le respondan que la via se halla libre.

2.° En las líneas ó trozos de línea que no son de mucho tránsito establece dos barras ó interruptores conjuntivos, uno á 2 kilómetros y otro á 1 kilómetro de la estacion adonde se dirige el tren, para que la locomotora, al pasar sobre ellos, señale dos veces su posicion en un contador destinado al efecto, y se espere su llegada.

3.° En los trozos en que el número de trenes es mas considerable, la locomotora, al pasar por los interruptores, señala además su paso á la estacion que acaba de dejar, con objeto de que se permita la salida á otra locomotora.

4.° Si despues de haber pasado un tren por los interruptores, le ocurriese algun accidente, y el jefe del puesto telegráfico mas próximo no lo viese llegar, puede avisarse á las estaciones inmediatas por medio de un aparato con dos agujas.

5.° Hacer que en líneas de mucho tráfico, una estacion se convierta en verdadero centinela del tren, y pueda mandarle una señal de alarma, ya por medio de un repique eléctrito, ya introduciendo un chorro de vapor en el pito de la locomotora.

En cuanto á los pormenores en que entra Mr. Tyer en su segundo privilegio, acerca de la diferente forma y disposicion que puede darse á los aparatos que usa en su sistema, nos parece innecesario darlos á conocer; nos contentarémos con decir que son en gran número, y que se hallan todos descri-

tos en el *Newton's London Journal* del mes de diciembre de 1855.

Sistema de Maigrot y Fraitot (noviembre de 1852).

M. Maigrot, geómetra de Bar-sur-Seine, debió tener en 1852, porque tomó privilegio en noviembre de dicho año, la idea de completar el sistema de Breguet (pág. 178), haciendo que el número de kilómetros recorridos por los trenes se fuera marcando en una esfera ó muestra de reloj visible en la parte exterior de cada estacion, y para que se supiera en qué direccion marchaban los trenes, adaptó á la esfera dos agujas de distinto color, que giraban en sentido contrario una de otra. Además de esto, en cada movimiento de las agujas se cerraba un circúito eléctrico donde habia un aparato avisador de campana, de manera que sin mirar las agujas, con solo el oído podia llevarse cuenta del número de kilómetros recorrido por los trenes.

La ventaja que presentaba este sistema era la de poner á disposicion de los conductores de los trenes los medios de conocer exactamente, al pasar por cada estacion, el punto de la línea en que se hallaba el tren que lo precedia, si el intervalo entre uno y otro era menor que el que habia entre dos estaciones consecutivas. El maquinista podia de esa manera calcular la velocidad que debia dársele al tren; pero en cambio, este sistema tenia el gran inconveniente de que cuando dos trenes marchaban por el mismo intervalo que separaba las dos estaciones siguiendo la misma direccion, ambos obraban sobre la aguja del contador, y esta, por consiguiente, dejaba de marcar con exactitud la marcha de uno y otro.

Un año despues hizo M. Maigrot varias adiciones á su sistema; entre ellas, la de montar en los trenes un aparato telegráfico con su pila, para que pudieran los jefes de estacion trasmitir señales á los maquinistas; sistema análogo al publicado por Tyer en 1852; adoptó tambien un cronógrafo semejante al de Steinheil, y en fin, como parte accesoria, pro-

puso un sistema de frenos, que llamaba *vaporo-eléctricos*, en que el vapor era la fuerza motriz y la electricidad la causa determinante.

Los medios empleados por M. Maigrot para poner en relacion los trenes con los alambres conductores y trasmitir las corrientes eléctricas, consistian en disponer en la via, convenientemente aislados, unos cilindros de hierro ó de cobre, contra los cuales frotaba una varilla metálica con tres articulaciones, colocada horizontalmente debajo del carruaje y empujada en su parte media por un resorte, para que el contacto fuera perfecto.

Sistema de Cárlos F. Farrington (21 de diciembre 1853).

Este sistema, del cual no existe en la coleccion de privilegios sino la descripcion provisional, presentada el 21 de diciembre de 1853, porque su autor no creyó conveniente ó no pudo dar la descripcion completa que se exige á los seis meses, está reducido á establecer á lo largo de la via un alambre conductor, colocado como los del telégrafo ordinario. En comunicacion con dicho alambre hay unas piezas metálicas, que se proyectan ó entran en lo interior de la via, para que haya contacto entre ellas y otras que llevan los trenes en comunicacion con unos aparatos de alarma.

Aunque los trenes van poniéndose en relacion con el alambre conductor, dice Farrington, no se produce señal ninguna en los aparatos, porque el circúito no se completa; pero cuando un accidente detenga un tren en la via, ó cuando otro obstáculo percibido por un guarda haga peligrosa la aproximacion de un tren que se dirija á aquel punto, va un empleado y pone expresamente el alambre conductor en comunicacion con la corriente, en cuyo caso, al pasar el tren por las piezas metálicas, entran en el circúito los aparatos de alarma que llevan, y se produce la señal de precaucion.

No dice el inventor dónde coloca los generadores eléctricos, ni tampoco si el alambre conductor es continuo ó en

trozos. Como se ve, este sistema viene á ser una modificacion del de Regnault.

Sistema de M. Verité (enero de 1854).

No hacemos mas que mencionar este sistema, propuesto en enero de 1854, porque es enteramente igual al primitivo de M. Maigrot, con la diferencia de que su contador ó indicador de muestra no tiene mas que una aguja; por consiguiente, ó no señala mas que la marcha de los trenes que llevan una misma direccion, ó se mueve indistintamente por el paso de los trenes que van y vienen; es por consiguiente tan ineficaz, sino mas, que el sistema de Maigrot.

Sistema de Erckmann (noviembre de 1855).

M. Julio Erckmann, inventor tambien de un sistema de alambres eléctricos subterráneos, tomó privilegio en noviembre de 1855, por un medio de establecer comunicaciones continuas ó intermitentes entre las estaciones y las locomotoras.

A lo largo del camino, y cada 400 ó 500 metros, fija cuatro postes, de manera que haya dos de cada lado, separados unos 25 metros; es decir, formando los cuatro ángulos de un rectángulo de 25 metros de largo y de un ancho mayor que el de la via. Desde cada poste al que se halla en frente, del otro lado del camino, tiende una cadena, en cuyo centro se sujeta un alambre conductor que va del primer par de postes al segundo, paralelamente al eje del ferro-carril.

Armando la locomotora con un tope ó frotador en forma de rodillo, montado sobre un vástago de cremallera, que le permita subir y bajar, puede cerrarse un circúito eléctrico cada vez que al pasar por debajo del alambre tendido entre los cuatro postes, el rodillo toca en él, porque hallándose este unido á otro alambre conductor establecido al costado y en toda la extension de la línea, quedan ambos en comunicacion con la tierra. No dice el inventor qué especie de aparatos es-

tableceria en las locomotoras y en las estaciones, para trasmitir señales de uno á otro punto; pero se infiere que deben ser de agujas, como en el sistema de Regnault, si ha de recibirse el aviso en los trenes al pasar por el alambre; sin perjuicio de hacer una señal de alarma con un avisador de campana.

SÉTIMO GRUPO.

Sistema de Magnat (14 de febrero de 1854).

El abate Magnat ha tratado de resolver el problema de detener dos trenes oportunamente, es decir, antes de que puedan llegar á encontrarse, y tomó privilegió de invencion el 14 de febrero de 1854.

Consiste el sistema en colocar una série de topes á lo largo de la via, á distancias alternadas, de 2 y 10 kilómetros, los cuales pueden ó nó tropezar, segun su posicion, con una pieza que cierra el regulador de la entrada del vapor en los cilindros. Dichos topes, dispuestos en forma de palancas, tienen que mantenerse verticales para que obren en el aparato de la locomotora, y esto se consigue por medio de un electro-iman puesto en comunicacion con un alambre conductor, que se extiende á lo largo de la línea, y por el cual pasa una corriente constante. Hay tambien en la via un aparato dispuesto de manera que pueda interrumpir y cambiar momentáneamente la direccion de la corriente, y ejerce su accion en una distancia de 10 kilómetros sobre todos los topes destinados á preservar un tren en marcha, ya sea por delante, ya por detrás. Otro aparato, semejante al primero, en que tropieza el mismo apéndice que lleva la locomotora, sirve para que vuelvan á quedar en su posicion normal las palancas de los topes que se van dejando detrás, y que es ya innecesario mantener verticales para proteger la via, que de esa manera vuelve á quedar *libre*.

El autor ha reunido en una pieza prismática de madera, de algunos decímetros de lado, el tope, su electro-iman,

y los dos interruptores. Estas piezas, puestas en comunicacion con los alambres eléctricos, se hallan enterradas y alineadas en la via á distancias tales, que un tren se encuentra siempre protegido á uno y otro lado en una distancia de 2 kilómetros cuando menos y de 10 kilómetros cuando mas.

Sistema de M. Th. Du Moncel.

Segun refiere el autor de este sistema en su excelente *Tratado sobre las aplicaciones de la ·Electricidad*, sus primeros trabajos datan del mes de mayo de 1853, época en que publicó el *Diario de Valognes* un artículo sobre monitores eléctricos para caminos de hierro. No hemos podido procurarnos dicho periódico, á pesar de cuantos esfuerzos hemos hecho para ello, hasta pedírselo al mismo autor; de suerte que nos es imposible hacer conocer el sistema de Du Moncel en la forma que tuvo en su orígen; debia, sin embargo, diferir mucho de la que le dió al tomar su privilegio el 29 de abril de 1854, pues él mismo, en el tomo II de la primera edicion de las *Aplicaciones de la Electricidad*, dice que al hablar de los monitores eléctricos en el tomo primero (publicado en 1853), habia confundido su sistema con el de Breguet (es decir, que no lo habia mencionado), porque no encontraba una diferencia bastante marcada entre ambos. Hemos visto ya en qué consiste el sistema de Breguet, ó mejor dicho, el de Steinheil, del cual no es mas que una modificacion, y por consiguiente, no podemos estar de acuerdo con Du Moncel, que pretende la prioridad en la idea de hacer que dos trenes en marcha se avisen mútuamente por el hecho solo de aproximarse uno á otro, por mas que haya recurrido á la clasificacion que estampa en la pág. 221 del tomo II de las *Aplicacaciones de la electricidad* (segunda edicion) (1).

Pero no nos detengamos ahora en estas cuestiones, que el

(1) Véase en los apéndices el artículo de M. Du Moncel, inserto en el *Journal de Valognes*, que el mismo autor nos ha remitido por fin, y que justifica cuanto habiamos sentado sobre el particular antes de conocerlo.

lector juzgará por sí mismo, teniendo, como tiene en esta obra, los datos para hacerlo, y pasemos á describir el sistema del vizconde Du Moncel, tal cual se encuentra en la última edicion de su obra; es decir, con todas las mejoras y modificaciones que ha creido deber hacer en él para darle la superioridad que, segun su autor, tiene sobre todos los demás. (*Aplications de l'Electricité*, tomo II, pág. 223.)

El objeto del sistema es:

1.° Establecer entre las estaciones y los trenes en movimiento una relacion telegráfica, que permita señalar á los segundos los obstáculos que puedan existir en la via; relacion por medio de la cual las estaciones, si es necesario, dén tambien órdenes á los conductores de los trenes, y estos pidan socorro en caso de accidente.

2.° Hacer de manera que trasmitida una señal, el tren dé una respuesta automática, para que el que la trasmitió sepa que fué recibida, y que por consiguiente la línea se halla en buen estado.

3.° Hacer registrar en cada estacion, en un contador electro-cronométrico de doble aguja, y visible á cierta distancia, los kilómetros recorridos por dos trenes consecutivos.

4.° Hacer que dos trenes que vengan uno al encuentro del otro, ó que se sigan de cerca, se prevengan mútuamente los peligros que podrian resultar de su mayor proximidad.

5.° Hacer que los jefes de las estaciones conozcan dicha aproximacion.

Todos estos resultados pueden obtenerse por medio de un solo alambre para cada via, además de los que ya existen en la línea; y de dos interruptores, colocados de kilómetro en kilómetro, entre las dos vias. Las pilas de los telégrafos en las estaciones, y las del telégrafo portátil en los trenes, pueden emplearse para hacer marchar los aparatos del monitor eléctrico; por consiguiente, no deben considerarse como un gasto ocasionado por el sistema.

Establecimiento de los conductores en la via.— De kilómetro

en kilómetro, como se ha indicado ya, se colocan entre las dos barras-carriles dos interruptores de la corriente eléctrica.

Son dos barras de hierro forjado ó fundido, revestidas con una capa de zinc, de 2 metros de longitud, y encorvadas en los extremos por donde están sujetas, como se ve en la figura 321; de manera que un capuchon de cuero ó de gutta-



Fig. 321.

percha, que cubre dichos extremos, los mantiene siempre aislados del suelo, preservándolos de los efectos de la lluvia. Los soportes en que están sellados con azufre son cubos de

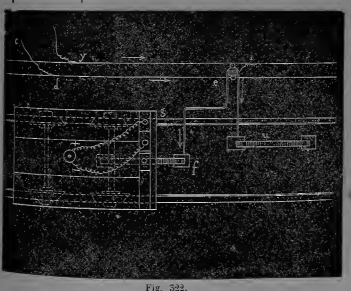


Fig. 322.

encina impregnada de aceite, y se fijan en las traviesas ó entre ellas, en el suelo. Dos alambres cubiertos de gutta-

percha, que parten de estos interruptores, van por debajo de tierra hasta el poste telegráfico mas próximo, suben pegados á él, y comunican el uno con el alambre de la línea telegráfica y el otro con el alambre adicional. Con esta combinacion se obtienen tres circúitos, dos en que entra la tierra, y uno con los dos alambres reunidos. Este último está reservado para el servicio del telégrafo de las estaciones.

La disposicion de los interruptores en la via se halla indicada en la figura 322, en *f* y en *u*.

Aparatos conjuntivos de los trenes.—Para poner los trenes en comunicacion con los circúitos cuya disposicion se acaba de indicar, emplea Du Moncel unos frotadores de émbolo *X*, *Y*, *Z*, representados en la figura 323; son tres en número, y están destinados, el primero para una série de interruptores que el autor llama *A*, el segundo para otra série denominada *B*, y el tercero para completar el circúito al través de la tierra, con cuyo objeto apoya constantemente contra una de las líneas de barras-carriles.

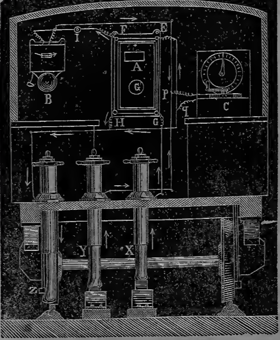


Fig. 323.

Estos frotadores están atornillados cada uno en su caja ó tuerca, fija al piso del ténder de la locomotora, delante de las cajas de agua; puede por lo tanto subirse y bajarse mas ó menos y aun elevarse hasta no tocar en los interruptores, re-

gulándose así el rozamiento y aun suprimiéndose cuando no tienen que servir.

Aparato de señales. — Este aparato y el de alarma, destinados á indicar al maquinista si debe detenerse ó continuar su camino, están colocados en el ténder; pero este tiene entonces que cubrirse con una especie de toldo, como lo representa la figura 323. El aparato de señales está en *A*, el avisador en *B*, y se ve en *C* el telégrafo portátil de Breguet. Hay además un boton interruptor *I*, cuyo uso no tardarémos en ver.

Estudiando atentamente la manera como están establecidas las comunicaciones eléctricas en la figura, se verá que el aparáto de señales está en relacion por una parte con el circúito que viene de la estacion, y se completa por medio de los frotadores *X* y *Z*; por otra con un circúito que pasa por el avisador *B* y el interruptor *I*, y se halla atravesado por una corriente originada en la pila del telégrafo portátil *C*, cuyos polos están en *P* y en *Q*. Ya verémos la utilidad de este segundo circúito.

Fig. 324.

El mecanismo del aparato de señales está representado en la figura 324. No tiene, como se ve, ningun rodaje ó mecanismo de relojería, ningun sistema de fiadores que pueda sol-

tarse inopinadamente por las trepidaciones del carruaje, y que lo ponga en accion fuera de tiempo. Una simple palanca imantada *A B*, que tiene por un lado dos discos de vidrio, uno rojo *C* y otro blanco *D*, y que oscila entre los polos de un electro-iman *M M;* tal es, con un sistema reotómico, representado por los ocho resortes *e f g h i k l m*, lo que constituye este mecanismo.

Para comprender su manera de obrar, basta tener presente que una palanca imantada, colocada entre los polos de un electro-iman, se inclina á derecha ó izquierda, segun la direccion de la corriente, y que puede mantenerse en la última posicion que ha tomado despues que la corriente cesa de obrar. Cuando la palanca se inclina á la derecha, el disco rojo *C* aparece en un agujero *G'* (figura 323), abierto en la caja que contiene el instrumento.

Cuando por el contrario la palanca se inclina á la izquierda, el disco blanco *D* es el que aparece. Si se da pues á la señal roja la siguiente interpretacion: *párese*, *hay peligro*, y á la señal blanca la de *continúese*, *la via está libre*, bastará que en la estacion desde donde se quiera trasmitir una ú otra de estas señales, se dé vuelta al boton de un conmutador ó inversor de polos, puesto en relacion con el circúito del frotador *X*. Los discos que producen la señal roja ó blanca son de vidrio, para que iluminándose por detrás puedan verse en la oscuridad.

El sistema reotómico, representado por los ocho resortes *e f g h i k l m*, está destinado á prolongar la accion de la corriente que ha hecho desviar la palanca, introduciendo el aparato en el circúito de la pila local del tren y del repique eléctrico. Esta condicion es esencial, porque si la señal fuera fugitiva, el maquinista, ocupado en otra cosa, podria no percibirla; y lo mismo sucede con el repique del aparato de alarma, que debe persistir hasta que se pare expresamente.

Hé aquí cómo obraria el sistema reotómico. Cuando la palanca *A B* está inclinada, como se ve en la figura 324, los cua-

tro resortes *e f l m* se ponen en contacto, la corriente de la pila del tren entra por el boton *E*, pasa al electro-iman *M M* por el alambre *E t f*, los dos resortes *f e*, el alambre *e o p*, y sale por el alambre *q r m*, los dos resortes *m l* y el alambre *l s F*. Pasa desde este punto al repique eléctrico *B* de la figura 323, y atraviesa el interruptor disyuntivo *I* de la misma, para volver á la pila del tren por *P*.

Se ve pues que con el aparato reotómico interviene la pila portátil del tren, y mantiene la accion de la corriente trasmitida desde la estacion (para hacer la señal y poner en movimiento el aparato de alarma), que entró por los botones *G H* al pasar los portadores por los interruptores de la via; mientras no se toca el interruptor disyuntivo *I*, la señal persiste en la ventanilla ó agujero circular, y el avisador suena; pero tan luego como el maquinista apoya el dedo en él, el circúito de la pila local se interrumpe, la palanca imantada toma la posicion vertical que le da el peso de los discos de vidrio, y el repique cesa. Entonces puede influir de nuevo en el aparato la corriente que envian las estaciones.

Con este sistema de aparatos de señales hay que tomar varias precauciones. Es preciso, en primer lugar, que el arco que describe la palanca sea bastante grande, para que las ligeras oscilaciones debidas al movimiento del carruaje no influyan en el aparato reotómico; en segundo lugar, es preciso que la accion de la palanca sobre los resortes muy flexibles del reótomo tenga lugar en el máximum de la atraccion, es decir, muy cerca de los polos del electro-iman *M M*. En fin, es preciso, para evitar los efectos del movimiento de trepidacion del carruaje, que el aparato de señales y el repique eléctrico estén suspendidos por el sistema de Cardan. Du Moncel cree que es necesario, además, encerrar las barras imantadas y el electro-iman en un cuadro galvanométrico, porque de esa manera el galvanómetro ejerce su máximum de accion sobre la palanca imantada cuando el electro-iman está en su mínimum de potencia; lo cual permite mayor se-

paracion en las oscilaciones de la barra. Con esta disposicion los discos *C D* deben estar fijos á una segunda aguja de cobre, montada paralelamente á la palanca y sobre el mismo eje. Las letras *R S T U* indican el cuadro galvanométrico en la figura 324.

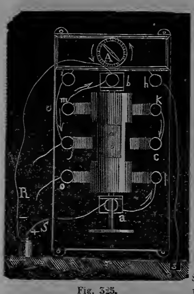


Fig. 325.

Conmutador del aparato de señales. — Este conmutador, que debe hacer que á la señal siga una respuesta automática dada por el tren, está representado en la figura 325. Es el conmutador de Ruhmkorff, al cual ha añadido Du Moncel un interruptor y un galvanómetro *A*. Despues verémos para qué sirve el interruptor; en cuanto al galvanómetro, dirémos desde luego que es el que indica que la señal enviada á un tren ha llegado á su destino, de lo cual se colige que este aparato se coloca en las estaciones.

Para hacernos cargo de cómo obra el conmutador, supongamos que los tornillos *a* y *b* se ponen en relacion con los polos de la pila de la estacion, *a* con el positivo y *b* con el negativo. Cuando se dé vuelta al conmutador hácia la derecha, la corriente irá de *a* á *c* por el *aparato*, de *c* á *d*, que está en la línea telegráfica de la figura 322, por un alambre de union *c d*, y de allí pasará á los diferentes interruptores por los postes *e* y los alambres cubiertos de gutta-percha *e u* ó *e f* (figura 322). Si en el momento en que se ha dado vuelta al conmutador el tren se halla entre dos interruptores, la corriente no circulará y el galvanómetro *A* no se moverá; pero cuando el tren pase por el primer interruptor, el circúito quedará completo y el galvanómetro indicará que la señal trasmitida se ha recibido. En efecto, del interruptor *f* (figu-

ra 322) sube la corriente al aparato de alarma por el frotador *X* (figura 323), y pasa de allí á la tierra por el otro frotador *Z*. Estando el boton *h* del conmutador (figura 325) en comunicacion con la tierra por la plancha *g*, la corriente llegará á *h* despues de haber dejado el tren, atravesará el galvanómetro *A*, llegará á *i*, despues á *j*, y en fin á *b* por el mismo conmutador. Se ve pues que la trasmision de la señal y el aviso de su recepcion se efectúan al mismo tiempo; pero es necesario que el que trasmite las señales permanezca junto al aparato hasta que la aguja se desvie, lo cual no debe pasar de dos minutos; si trascurriese dicho tiempo sin señal, seria una prueba de que el alambre de la línea estaba roto ó que las comunicaciones eléctricas con los aparatos de los trenes no se hallaban en regla. Por medio del *contralor* ó verificador, que Du Moncel propone añadir á su sistema, podria saberse en qué punto de la línea habia ocurrido la ruptura.

El interruptor que acompaña al conmutador que acabamos de describir, se compone de cuatro láminas metálicas, ligeramente convexas, aplicadas á los dos lados del cilindro de marfil del conmutador mismo. Estas láminas, que se ven de perfil en la figura, están dispuestas perpendicularmente á las del conmutador, es decir, que tocan los frotadores *k l m o* (figura 325), cuando las láminas *c* y *j* no tocan en ninguna parte. Además están reunidas dos á dos (las de un mismo lado) por una comunicacion metálica. Cuando no hay órdenes que trasmitir, es preciso que el conmutador esté dispuesto como en la figura 325, de manera que el interruptor esté en conjuncion, ó no interrumpa la corriente.

Aparato contralor ó verificador. — Este aparato, que está en relacion con el circúito cerrado por el frotador *Y* de los trenes y los interruptores de la série *B* de la via, está representado en la figura 326, y sirve para anotar ó registrar en las estaciones los diferentes puntos que van recorriendo los trenes.

Al hablar de los sistemas de Maigrot y Verité, hemos visto

que los aparatos contralores de una sola aguja no podian bastar, porque cuando dos trenes circulan entre dos estaciones, las indicaciones se confunden. El problema, pues, que habia que resolver era : 1.° hacer que las indicaciones fueran diferentes, al menos para dos trenes consecutivos; 2.° que el conductor y los interruptores destinados á obrar sobre las agujas, dando esas indicaciones diferentes, no fuesen en mayor número. Este doble problema es el que ha creido realizar Du Moncel en el aparato representado en las figuras 326, 327 y 328.

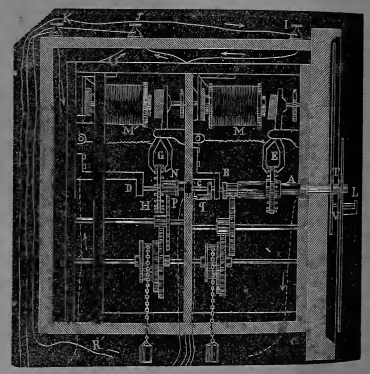
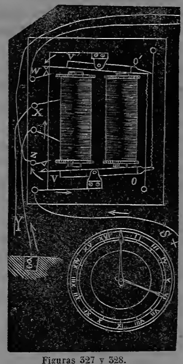


Fig. 326.

No presenta exteriormente sino una gran muestra ó círculo (figura 328) de 60 centímetros, al rededor del cual se mueven dos agujas convenientemente equilibradas. El círculo está dividido en tantas partes como kilómetros hay entre las

dos estaciones á las cuales corresponde; por consiguiente, debe haber dos para cada estacion, uno en relacion con la de la derecha y el otro con la de la izquierda.

Cada aguja se mueve por un mecanismo de relojería, puesto en accion á su vez por medio de un escape de clavijas y un electro-iman, y para que las agujas puedan dar vueltas al mismo tiempo sobre el mismo círculo, el eje de la una pasa por dentro del de la otra, solo que el eje hueco debe estar metálicamente aislado del macizo; ambos se distinguen fácilmente en la figura 326, donde están marcados con las letras *A B*, *C D*. Las ruedas de escape *E F* y *G H*, montadas sobre estos ejes, tienen tantas clavijas como divisiones hay en el círculo. Resulta de eso que cada vez que se cierre el circúito, es decir, á cada doble movimiento de la armadura del electro-iman, avanza una division del círculo una de las dos agujas.



Figuras 327 y 328.

Los dos electro-imanes que tiene el aparato están en relacion con un *relevo* (figura 327); cosa muy esencial, en primer lugar, porque debiendo ser la longitud de las agujas bastante grande para que se perciban de léjos por los conductores de los trenes, la fuerza eléctrica á distancia no hubiera sido suficiente para hacerlas marchar. Además, como las distancias varian continuamente, la marcha del aparato no hubiera podido nunca arreglarse bien.

Establecidas ya las comunicaciones eléctricas, como se ve en las figuras 326 y 327, entre el contralor, su relevo y el

alambre suplementario de la línea, hé aquí lo que se verifica:

En el momento en que el tren pasa por cada interruptor de la série *A*, los frotadores *Y* y *Z* (figura 323) trasmitirán una corriente, que proviene de la pila del telégrafo portátil *C*. Esta corriente irá del frotador *Z* á la tierra por los carriles, volverá por la plancha *g* á las espiras del relevo, y de allí al alambre suplementario de la línea marcado con las letras *x y*; bajará despues por el poste correspondiente al interruptor tocado, y volverá á la pila por el alambre *t u* (figura 322), el interruptor *u* y el frotador *Y*, puesto en relacion con el polo *B* de la pila portátil del tren.

Si las espiras del relevo están arrolladas de manera que sea la armadura *O V* (figura 327) la atraida, la corriente de la pila de la estacion se cerrará al través del electro-iman *M* del *contralor;* porque estando el polo positivo de esta pila en relacion con la armadura *O V*, la corriente se completa en el circúito *S O V Z Y M J R;* entonces es la aguja de abajo la que avanza una division. Si por el contrario, es la armadura *O′ V′* la atraida, el electro-iman *M′* será el que funcione, y la aguja superior la que avance.

Se comprende pues que para hacer avanzar una de las dos agujas basta comunicar convenientemente los frotadores *Y* y *Z* de la figura 323 con los polos *P* y *Q* de la pila portátil de los trenes. Por consiguiente, si los trenes pares envian su corriente de manera que sea la armadura *O V* del relevo la que esté en accion, á cada kilómetro que recorran, la aguja correspondiente al electro-iman *M* avanzará una division; y para que los trenes impares hagan avanzar la otra aguja, bastará invertir la union de los frotadores *Y* y *Z* con su pila, de manera que envien una corriente en direccion contraria.

Sucede muchas veces que los ferro-carriles se bifurcan y forman cabeceras de línea, que son precisamente las partes del camino mas expuestas á los encuentros, y por consiguiente, aquellas que mas necesitan los aparatos indicados. Ahora bien, los diferentes trenes que entran en esa parte no pueden sa-

ber en qué direccion debe circular la corriente de su pila para obrar sobre los monitores eléctricos de las estaciones que van á encontrar al seguir su marcha. Es cierto que en dichos puntos de bifurcacion hay estaciones, y por consiguiente puede haber un monitor eléctrico, cuyas agujas indiquen, por su posicion respectiva y su marcha, la direccion de la corriente en el último tren que haya pasado; pero es muy importante evitar este trabajo mental; porque puede descuidarse alguna de las precauciones que es indispensable tomar, y Du Moncel se ha propuesto conseguirlo de esta manera.

En cada una de las estaciones que preceden á los puntos de bifurcacion del camino, ó que pueden expedir trenes especiales, coloca un aparato semejante á los de señales que se han descrito, pero sin reótomo. Este aparato está en relacion con un interruptor particular, en que deben tocar los frotadores de los trenes, y por consiguiente se encuentra atravesado por la corriente local. Como el efecto magnético es persistente en estos aparatos, la palanca imantada á que va unida la señal permanece inclinada del lado hácia donde la ha hecho desviar el último tren que ha pasado; y el maquinista, por medio de un inversor, da entonces á la corriente de la pila local del tren la debida direccion.

Por un mecanismo particular, que es fácil imaginarse, se podria hacer que esta inversion se efectuase automáticamente; pero es mas sencillo, dice Du Moncel, recurrir á un simple inversor, como acabamos de indicarlo.

Pasemos ahora á la cuarta parte del problema, es decir, á las señales automáticas que se hacen los trenes entre sí, que es la mas importante de todas.

Monitor automático. — En el caso mas frecuente, aquel en que los dos trenes se siguen uno á otro demasiado cerca, el aviso ó señal se obtiene fácilmente, pues por medio de los contadores se tienen en el mismo aparato dos órganos mecánicos en relacion con las diferentes velocidades de los trenes. Estos órganos son las agujas de los contadores, y si

están suficientemente aisladas, pueden operar entre sí un contacto metálico, que tenga por efecto cerrar el circúito de la estacion al través de los aparatos de señales de los trenes.

Supongamos que se haya creido que una distancia de dos kilómetros es suficiente para detener oportunamente dos trenes; será preciso que cuando las agujas del contador estén á dos divisiones una de otra, haya entre ellas un contacto metálico. Para eso tiene una de las agujas un apéndice de plata *T* (figura 326), distante del eje como $\frac{1}{6}$ de la circunferencia, y la otra aguja está provista de un resorte metálico *L V*, colocado perpendicularmente segun su línea axial. De esta manera las agujas hacen las veces de un empleado que habiendo percibido, por la inspeccion del contador, que los trenes están demasiado cerca, diera vuelta al conmutador del aparato de señales para trasmitir la de alarma.

Vamos á ver cómo marcha este interruptor en los aparatos de señales de los trenes.

Supongamos que se establece una comunicacion metálica entre el cojinete *A*, sobre el cual da vueltas el eje *A B* (figura 326) y el boton *o* (figura 325) del conmutador de la estacion, y que otro alambre una metálicamente el cojinete del eje *C D* (figura 326) con el boton *i* (figura 325) del mismo conmutador. Cuando el resorte *L V* (figura 326) venga á tropezar con el apéndice *T*, la corriente de la estacion circulará de la manera siguiente:

De la pila irá á *a* (figura 325), despues á *l* por el alambre *a l*, á *k* por el interruptor del conmutador, luego á *c* por el alambre *k c*, y de allí á *d* en la línea telegráfica (figura 322); seguirá el mismo camino que cuando el conmutador ha sido vuelto, y volviendo á *J* (figura 326), pasará por el alambre de union de este punto con el eje *C D*, para volver al conmutador, por el apéndice *T* del resorte *V L*, el cojinete *A* y el boton *O* de la figura 325; de allí pasará al través de la otra parte del interruptor del conmutador, para volver á *M*, y pasar despues á *R* (figura 326). Ha sido preciso introducir

el interruptor del conmutador en el circúito del monitor automático, para evitar las derivaciones por las pilas, y la confusion ó mezcla de los circúitos.

En el caso en que los trenes vayan uno al encuentro del otro, cosa que no puede suceder, dice Du Moncel, sino en los caminos de una via, el problema es algo mas complicado, y para darse cuenta de su solucion es importante recordar que cada estacion tiene dos contralores eléctricos; uno para los trenes que se dirigen de Norte á Sur por ejemplo, y otro para los que marchan en direccion opuesta. Que el camino sea de una sola via ó de dos, ambos aparatos son indispensables.

Sentado este precedente, concibamos que en el centro del tabique que sirve de separacion á ambos contralores haya una rodajilla de marfil *N P* (figura 326), en cuya circunferencia estén incrustradas tantas planchitas de plata como divisiones tenga la muestra ó disco del contralor; supongamos que dichas planchitas se hallen en correspondencia perfecta con las divisiones, y reunidas de una muestra á otra por alambres metálicos dispuestos de modo que la planchita número 12, por ejemplo, de la muestra del Norte corresponda con la del número 10 de la muestra del Sur, y sucederá que si unos frotadores de émbolo, fijos en los ejes de rotacion de las agujas de cada muestra, apoyan sobre dichas planchas, podrá cerrarse un circúito eléctrico entre los dos contadores cuando los dos frotadores toquen al mismo tiempo las planchas que estén en correspondencia metálica, es decir, cuando los trenes estén á 2 kilómetros de distancia uno de otro. El hecho pues de cerrarse el circúito podrá obrar como se ha explicado ya, y producir una señal de alarma en los trenes.

En cuanto á la última parte del problema, es decir, al aviso de la aproximacion de dos trenes que debe darse á los jefes de las estaciones, puede resolverse con solo interponer un repique eléctrico en una derivacion de la corriente que vaya á los aparatos de señales de los trenes.

CAPITULO XIV.

SISTEMAS PROPUESTOS PARA EVITAR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO, POR MEDIO DE LA ELECTRICIDAD.

(Continuacion.)

El gran número de sistemas que teniamos que dar á conocer nos ha obligado á dejar para este capítulo una parte de ellos, los que se valen para producir las señales de un conductor aislado, colocado á lo largo de la via y en toda su extension, ya sea continuo ya interrumpido; en el anterior, como hemos visto, se hallan los que producen la señal por medio de interruptores fijos en la via ó los que se proponen solo un objeto limitado, como es el movimiento de los discos ó la comunicacion del maquinista y el guarda-tren del último carruaje.

OCTAVO GRUPO.

Sistema de Coghlan (17 de octubre de 1854).

John Coghlan pidió en Inglaterra un privilegio, el 17 de octubre de 1854, por un sistema reducido á establecer un alambre ó una cuerda de alambre suspendida con aislamiento encima ó al lado de la via, y ponerla en comunicacion con los aparatos eléctricos que deberian llevar los trenes, por medio de una varilla ó tambor que la fuera frotando; dichos aparatos estarian tambien en relacion con la tierra, de suerte que si los que se establecieran en las estaciones comunicaran por un polo con el alambre aislado, y por el otro con la tierra, podrian trasmitirse señales desde los trenes á las estaciones, y vice-versa, entre los trenes que marcharan ó es-

tuvieran detenidos en la misma via y entre el guarda-tren y el maquinista; en una palabra, es la idea y el principio del sistema que algun tiempo despues ha presentado Bonnelli.

Sistema de Bonnelli (9 de enero de 1855).

El caballero Gaetano Bonnelli, director de telégrafos de Cerdeña, tomó un privilegio en Francia, el 9 de enero de 1855, por un sistema telegráfico, al cual dió el nombre de *telégrafo de locomotoras*. En 25 y 29 del mismo mes presentó su invencion en Inglaterra y en Bélgica, y posteriormente ha hecho algunas modificaciones, que darémos á conocer tambien, así como sus ensayos en Francia y en Cerdeña.

La invencion, segun el contexto de dichos privilegios, consiste en hacer que con su sistema telegráfico puedan comunicar entre sí los trenes que marchan ó se hallan estacionados en la misma via de un ferro-carril, y que les sea posible tambien comunicar con las estaciones y aun con los guardas de la via.

El principio del sistema está reducido á establecer en toda la longitud de la via un conductor eléctrico aislado, que el autor prefiere colocar entre las dos líneas de barras-carriles; sobre dicho conductor hace resbalar ó frotar una pieza metálica, asegurada en uno de los carruajes del tren y en comunicacion con un aparato telegráfico que va en él. Este aparato comunica á su vez con la tierra por las ruedas de la locomotora y las barras-carriles, de suerte que la corriente eléctrica, suministrada por una pila que lleva el tren, puede recorrer un circúito formado por el citado conductor aislado, el frotador, los aparatos telegráficos, las partes conductoras del carruaje y la tierra.

Como se ve, este sistema es esencialmente distinto de cuantos hemos descrito en los capítulos XI, XII y XIII, porque si bien se vale de un conductor aislado en contacto permanente con los frotadores de los trenes, como sucede en el nuestro, difiere de este en que dicho conductor es continuo y no

interrumpido; por consiguiente la comunicacion entre los trenes y con las estaciones se verifica á una distancia tan larga como el conductor mismo; circunstancia que nosotros tratamos de huir, que hace que sea completamente distinto el principio de ambos sistemas, y como verémos en efecto al compararlos, dan resultados muy diferentes. Tampoco se parece en nada á los de Tyer y Du Moncel, como pretende este último en su *Tratado de aplicaciones de la electricidad*, porque Bonnelli con su sistema hace que los trenes puedan comunicarse entre sí, cualquiera que sea el punto del camino en que se hallen, mientras que los otros no establecen la comunicacion sino cuando los trenes pasan por los interruptores fijos en sitios determinados, á intervalos de un kilómetro, de una ó de media milla, etc. No es justo pues quitarle al ingeniero sardo el mérito de la originalidad en su sistema; podrá ser tal vez el menos ventajoso y realizable de cuantos se han propuesto por personas competentes, y en eso estamos de acuerdo con Du Moncel, pero no en que diga que es el mismo de Tyer, y que no difiere de él sino en la longitud de los interruptores; mas semejanza tiene tal vez con el nuestro, y sin embargo, no dirémos que es una modificacion de él, porque se aparta en el principio y en los efectos que produce, por mas que haya semejanza en algunos de los medios empleados.

Los aparatos telegráficos, dice Bonnelli, pueden ser cualesquiera de los conocidos; en sus ensayos en Paris y en Turin se ha valido de los de Wheatstone, únicos en nuestro concepto que podrian darle el resultado que ha obtenido.

En la memoria descriptiva que acompaña los privilegios tomados en enero, se dice simplemente que la disposicion del conductor aislado puede variar, y en una adicion al privilegio belga, fechada en 3 de marzo, vemos estas palabras: «Aunque la gran seccion de la barra conductora aislada es muy ventajosa, porque haciendo que la resistencia sea casi nula,

permite emplear solo la derivacion de las corrientes, y de ahí el reducir considerablemente la fuerza necesaria en las baterías, porque el flúido eléctrico no se ve precisado á recorrer sucesivamente todas las hélices de los puestos telegráficos, cuyas resistencias se suman; aunque es tan ventajosa, dice, la gran seccion de la barra, puede dársele la misma que tienen los alambres telegráficos que se usan actualmente, es decir, sustituir uno de estos á la barra sin que deje de tener su efecto el sistema.»

De la lectura del párrafo que precede se deduce que Bonnelli al principio no fundaba la bondad de su sistema en la seccion de la barra, como parece le ha sucedido despues de sus ensayos, segun lo dan á entender cuantas descripciones se han hecho de él últimamente.

Una de ellas, publicada por Adam Dunin Jundzill en los momentos en que mas sensacion producian los ensayos del ferro-carril del Oeste, y que si no ha sido escrita por el mismo Bonnelli ha debido pasar por sus manos antes de imprimirse, da á conocer el sistema de la manera siguiente:

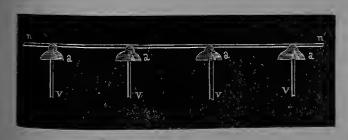


Fig. 329.

«*Descripcion del aparato.* — El sistema telegráfico de Bonnelli se compone : 1.°, de una barra de hierro plana, llamada *barra de línea*, fija de canto entre las dos líneas de barras-carriles, y elevada algunos centímetros del suelo, por medio de aisladores de barro cocido (figura 329); 2.°, de un frotador compuesto de varios resortes, fijo en la parte inferior de la

caja de un wagon (figura 330) aislado de él, y que resbalando sobre la barra de línea antes citada, establece durante la marcha del tren una comunicacion permanente entre ella y un aparato telegráfico que hay en el interior del carruaje. La barra no tiene ninguna solucion de continuidad en toda la extension de la línea cuyos puntos extremos pone en comunicacion por medio de dos aparatos telegráficos, y está además unida por conductores metálicos aislados á los diferentes aparatos de las estaciones intermedias.

»La seccion de *la barra de línea* está calculada de manera que su resistencia al paso de la corriente eléctrica sea mucho menor que la de un aparato telegráfico cualquiera, aun cuando fuera de los de Wheatstone y Cooke; y esto, en virtud de la ley bien conocida de que *la resistencia de un conductor metálico al paso de una corriente eléctrica, es inversamente proporcional á la seccion del conductor.*

»Supongamos, dice la descripcion citada, que la barra de línea se halle establecida entre dos estaciones extremas; que haya diez estaciones intermedias, y además ocho trenes recorriendo la via, y que la resistencia al paso de la corriente sea en ella, como hemos indicado, menor que la de un aparato de Wheatstone y Cooke. Recordemos tambien que los telégrafos que llevan los trenes están en relacion con la tierra por medio de los ejes del wagon, de las ruedas y de las barras–carriles, y veamos, en fin, de qué manera se distribuirá la electricidad por todo el sistema, en razon á las diferentes derivaciones que se introducen en él. Designemos con las letras *A B C D E*, etc., las veinte estaciones fijas y volantes que hemos supuesto existian entre los dos extremos de la línea. La corriente eléctrica que parte de la pila situada en *A*, cuya intensidad absoluta representarémos por x en el momento en que se trasmite un parte, correrá instantáneamente por toda la *barra de línea*, y encontrará en primer lugar la estacion fija ó volante *B*. Siendo la resistencia de la barra menor que la del telégrafo colocado en *B*, la corriente seguirá

su marcha mas allá de la estacion B para llegar á la C, y en B no se habrá derivado sino una cantidad inversamente proporcional á la resistencia del aparato telegráfico. Si designamos pues por r la resistencia de este aparato, y supongamos por un momento $x=20\,r$, es decir, la intensidad de la corriente eléctrica, capaz de vencer la resistencia de veinte aparatos; mas allá de B la intensidad de la corriente no será sino $x-r=\frac{19\,x}{20}$. Por la misma razon, despues de C la intensidad no será sino $\frac{18\,x}{20}$, despues de D, $\frac{17\,x}{20}$, y así sucesivamente en toda la línea, hasta que al llegar á la vigésima estacion T, la corriente habrá quedado reducida á $\frac{x}{20}$, es decir, igual á r, ó lo que es lo mismo, tendrá la intensidad justamente necesaria para vencer la resistencia del último aparato, y cerrará definitivamente el circúito por la tierra.

»Se ve desde luego, y de una manera evidente, que la posicion de las estaciones volantes con relacion á las estaciones fijas no tiene ninguna influencia en la manera como se distribuye la electricidad en el sistema telegráfico, de donde resulta la posibilidad de hacer variar á voluntad dicha posicion sin cambiar las condiciones del problema; es decir, que se puede hacer que circulen los trenes por la línea en una direccion ó en otra, sin que las comunicaciones telegráficas se interrumpan por eso. Se concibe igualmente que lo que acabamos de decir para un despacho que parta del punto A, podria aplicarse á otra cualquiera de las veinte estaciones fijas ó volantes que hemos supuesto hay en la línea; bastará para ello que todos los aparatos estén en relacion con una pila especial, semejante á la que se indicó para A.

»De lo que acabamos de decir, se deduce con la mayor facilidad la manera de determinar la seccion que debe tener la barra de línea para que llene las condiciones indicadas con una longitud dada.

»Sea, por ejemplo, una línea de 100 kilómetros. La experiencia ha demostrado que la resistencia de un aparato de Wheatstone y Cooke es igual á la de un alambre de hierro

de 10 kilómetros de longitud, y de $0^{m},004$ de diámetro; para hacer pues que la resistencia de un alambre de 100 kilómetros sea igual á la de otro de 9, es preciso que su seccion, que era de $\pi R^2 = 12,56$ se multiplique por $\frac{100}{9}$, ó sea por 11,11.

»Tenemos pues: $12,56 \times \frac{100}{9} = 139,54$ milímetros cuadrados, lo cual equivaldria á una barra que tuviera 20 milímetros de ancho por 7 de espesor.»

En cuanto á la intensidad de la corriente eléctrica, si llamamos r á la resistencia de cada aparato telegráfico, x á la intensidad de la corriente, expresada en kilómetros de resistencia del alambre de $0^{m},004$, deberémos tener, siendo n el número de aparatos,

$$x = n\,r + 1,$$

que es la expresion de la cantidad de electricidad exactamente necesaria; pero en la práctica es preciso aumentar esta cantidad para que las pérdidas que ocasionan el estado atmosférico y la falta de aislamiento del frotador, no impidan que los aparatos mas distantes reciban siempre la cantidad necesaria para marchar en regla. La admirable sencillez de los de Wheatstone y Cooke, continúa diciendo la memoria citada, permite que se haga variar su resistencia, de manera que se puede establecer siempre la barra de línea en condiciones constantes, á pesar de su longitud, sin cambiar mas que la resistencia del telégrafo.

La figura 330 representa la disposicion del sistema de Bonnelli, tal como se ensayó en el camino de hierro de Paris á Saint Cloud, en la cual difiere algun tanto el frotador de los que se explican en los privilegios que ha tomado; pero es en realidad lo mismo, y creemos inútil reproducir los demás, dando á conocer el último que ha empleado. *E* es una pieza de madera embreada, fija al carruaje en que va el aparato telegráfico por medio de las piezas *X* é *Y*; *G* es otra pieza de madera, embreada tambien, unida á la primera *E* por

unas varillas articuladas *b b*, que le permiten subir y bajar cuando se da vueltas al manubrio *m*, y poner así en contacto ó separar los resortes *r r r* de la barra de línea *n' n*.

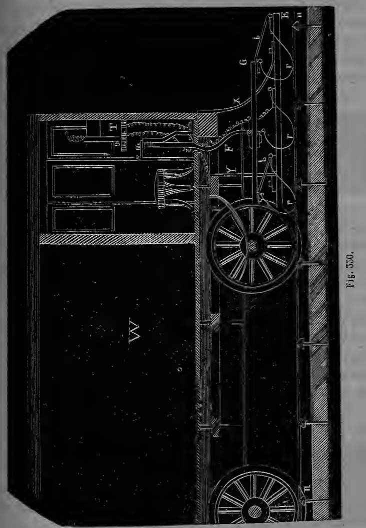


Fig. 330.

El telégrafo *T*, que es uno de los de aguja que hemos explicado, se pone en relacion por una parte con la pieza aislada *E*, y por otra con el resorte *P*, que apoya contra uno de

los ejes del wagon, y comunica con la tierra por las ruedas y las barras-carriles.

Proponia Bonnelli para hacer perfecto el aislamiento, que todas las caras de la barra de línea, menos la que se ha de poner en comunicacion con la locomotora, estuvieran cubiertas con una sustancia bituminosa, y colocarla en los cruzamientos de nivel por debajo de las barras-carriles, con objeto de preservarla de los carros ó coches.

La figura 331 manifiesta una disposicion, en la cual los soportes de loza están fijos sobre las piezas trasversales de madera *h*. Observaré aquí, dice Bonnelli, que dicha disposicion del conductor puede emplearse en los telégrafos ordinarios en vez de los alambres que ahora se usan, sobre los cuales tiene la ventaja de la economía y seguridad. En este caso, la barra deberá estar enteramente cubierta con alquitran, y podria protegerse por una especie de capa ó baño muy fuerte, como lo indican las líneas de puntos de la figura.



Fig. 331.

Sea la que quiera la aplicacion que se haga de la barra aislada, los trozos que la forman deben estar en contacto metálico perfecto; y convendria por consiguiente unirlos por medio de tornillos é introducir en las juntas pedazos de hojas de lata.

En los puntos en donde la línea cambia ó hay un apartadero, se usa, como en los pasos de nivel, la disposicion representada en la figura 332. La barra *a b* está interrumpida, y la comunicacion entre los dos extremos se verifica por medio de la varilla *k*, cubierta con una gruesa capa de alquitran,

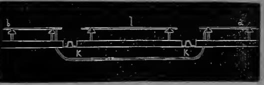


Fig. 332.

que corre por debajo de tierra. Al pasar por dicho punto, el comunicador encuentra la barra l, destinada solo á sostenerlo, porque es independiente de los conductores a b, con cuya disposicion la corriente de electricidad se interrumpe durante el tiempo que el comunicador pase sobre ella; pero esta interrupcion es tan corta, que no debe ocasionar inconveniente ninguno, segun el inventor.

Para los ferro-carriles de dos vias propone Bonnelli que se use un solo conductor colocado entre las dos, en vez de una barra para cada una, y entonces los telégrafos de las estaciones no necesitan dos agujas, como en el otro. El comunicador para ese caso debe fijarse en un lado de la locomotora, y puede ir frotando contra un costado del conductor por medio de un resorte ó de un contrapeso, advirtiendo que, para evitar los efectos del encuentro de dos comunicadores por la reunion de dos trenes, los que marchen por vias diferentes comprimirán la barra conductora por costados diferentes tambien. Los trenes de dos vias distintas pueden de esa manera comunicarse entre sí.

Con respecto á la comunicacion con la tierra, aunque se efectúa fácilmente, apoyando una pieza metálica cualquiera contra el eje de uno de los pares de ruedas de la máquina, dice Bonnelli que prefiere una rueda conductora que corra por las barras-carriles sin hacer pasar la corriente por las ruedas del carruaje.

Servicio del sistema telegráfico de Bonnelli. — Supóngase que la locomotora B está á punto de partir de la estacion A; el maquinista empieza por dar vuelta á la manija del manipulador, en cuyo caso, si no hay otra locomotora en la línea, por detrás ó por delante, no se verifica desviacion ninguna en las agujas, y está cierto de que puede marchar con toda seguridad. Pero lo regular es que haya otros trenes en algunos puntos de la línea, y entonces la aguja se desviará; pero el maquinista de la locomotora C, que percibe tambien una desviacion en la aguja de su aparato, contesta al momento di-

ciendo el punto de la via en que se encuentra, y el primero sabe así positivamente si puede marchar ó nó sin peligro.

Los dos maquinistas de las locomotoras *B* y *C* pueden comunicar con otra, ya sea que estén detenidas ó en movimiento, y las señales que se trasmiten entre sí, las comprenderán todos los demás trenes que se hallan en la misma línea.

Si delante de la estacion *A* la barra conductora está interrumpida, y sus dos extremos, puestos en comunicacion con los alambres del aparato de dicha estacion, permiten á la corriente circular por él, podrán trasmitirse señales entre la estacion y los trenes próximos á ella, y pedir instrucciones ó preguntar cualquiera otra cosa que sea necesaria. En los caminos de hierro de dos vias, si cada una de ellas tiene su conductor particular, es necesario que se haga uso en la estacion de un aparato de dos agujas, una para cada conductor.

Si fuera necesario abandonar algun carruaje ó tren en la línea, ó si hubiese en esta algun obstáculo, podrán evitarse los peligros de la aproximacion de un tren con solo colocar una barra de hierro de manera que toque al mismo tiempo á la barra de línea y á una de las barras-carriles; es decir, que comunique el conductor con la tierra; el maquinista, al aproximarse el tren, veria que sus agujas se desviaban, y no recibiendo respuesta á sus señales, sospecharia la existencia de algun obstáculo, y marcharia con precaucion; pero para que esto tuviese efecto seria necesario que los extremos de la barra conductora estuvieran aislados en vez de estar metidos en tierra; el grado de desviacion de la aguja serviria al maquinista para calcular la proximidad del peligro.

Si se quisiera que dos trenes de diferentes vias comunicaran entre sí, bastaria poner los extremos de las barras conductoras de las dos líneas en comunicacion una con otra, sin alterar el resto del sistema; tambien puede colocarse un aparato de alarma en las locomotoras de la misma manera que en los telégrafos ordinarios.

Bonnelli pretende que su sistema no solo es conveniente

cuando se aplica á los telégrafos portátiles, es decir, á las locomotoras, sino que en los telégrafos ordinarios tiene tambien las siguientes ventajas.

1.ª La poca elevacion de la barra sobre el suelo, y la sencillez de sus soportes.

2.ª La de que siendo la seccion de la barra conductora mayor que la de los alambres de los telégrafos que se usan ordinariamente, la resistencia que se ofrece al paso de la electricidad es mucho menor.

3.ª La que resulta de la disposicion general que se da á las estaciones telegráficas, en las cuales cada instrumento comunica con la tierra y se pone en accion por una corriente derivada especial, en vez de una corriente directa.

4.ª La facilidad con que puede cuidarse y conservarse el sistema.

5.ª La economía en las baterías eléctricas, porque no necesitan ser mas fuertes para trasmitir despachos á largas distancias.

6.ª La facilidad con que por medio de este sistema de corrientes derivadas pueden efectuarse las comunicaciones entre un número cualquiera de estaciones.

7.ª La independencia, por decirlo así, de cada aparato, que no exige, como sucede con el sistema actual, que se interrumpan las comunicaciones cuando intervienen otras estaciones. (No nos hacemos bien cargo de esta ventaja; por el contrario, creemos que con el sistema de Bonnelli no pueden hablar al mismo tiempo dos estaciones en toda la extension de una línea.)

8.ª La posibilidad de disminuir el número de las estaciones telegráficas fijas en los caminos de hierro, pues no habria necesidad de colocarlas sino en los puntos importantes.

Tal es el famoso sistema de Bonnelli. En el próximo capítulo lo examinarémos.

Sistema de M. Gay.

Este sistema, que no hemos tenido ocasion de estudiar, es segun Du Moncel, una copia complicada del de Bonnelli: queriendo evitar los inconvenientes de tener un personal exclusivamente dedicado al servicio de los telégrafos de los trenes, M. Gay dispone los aparatos receptores de manera que indiquen con ciertas señales sencillas y fácilmente visibles las frases mas necesarias para la seguridad de los trenes.

Estos receptores son aparatos de muestra ó esfera, divididos en dos grandes segmentos, uno para el servicio de los trenes que van en una direccion, el otro para el de los trenes que marchen en direccion contraria, divididos ambos en compartimentos anulares y en sectores, que contienen los signos convencionales y las frases ya formadas; por cuyo medio los conductores de los trenes pueden hablar entre sí ó con las estaciones con solo el movimiento de agujas indicadoras.

Las agujas de estos aparatos son tres. Las dos primeras en relacion con dos conductores continuos, colocados lateralmente á la via, y que sirve uno para trasmitir los signos convencionales y otro para recibirlos. La tercer aguja sirve para indicar á cada instante, en un limbo anular del disco ó muestra, la posicion exacta del tren en la línea; se pone en movimiento por un mecanismo complicado, que el autor designa con el nombre de *contador*, dependiente del tren en que va. El limbo en que se leen las indicaciones hace conocer no solamente la situacion kilométrica del tren, sino su posicion con respecto á las estaciones, obras de arte, desmontes, curvas, etc. Este limbo, en razon al objeto á que está destinado, como que es un verdadero libro de via, tiene una duracion muy limitada en cada viaje, y debe reemplazarse por otro nuevo cada 25 kilómetros.

El autor coloca este *contador* en un *gabinete de observacion*, situado detrás del ténder, con un aparato de alarma. Otro igual, pero sin la aguja del *contador* especial de cada

tren, se coloca en las estaciones y en los puestos que deben estar en correspondencia con los trenes.

M. Gay se propuso al principio que el contador recibiese el movimiento del eje mismo del ténder, suponiendo que las ruedas se desarrollarian regularmente, sin resbalamiento, y que por consiguiente el movimiento de la aguja seria exactamente proporcional á dicho desarrollo; pero convencido despues de su error, quiso que la longitud del espacio recorrido fuera lo que influyese en la marcha de la aguja, para lo cual propone colocar una série de topes de 50 en 50 metros, contra los cuales viene á chocar una rueda de escape del *contador*, que él llama de *percusion*.

Los topes los colocan sobre los aisladores de sus alambres conductores, ó mejor dicho, sobre las dos líneas de barras que propone en vez de los alambres para mayor solidez y regularidad en el efecto de los topes.

No hay en realidad mas idea nueva en el sistema de Gay que la de sustituir un libro de via á los tachómetros ó velocímetros ya propuestos por otros, y no es en verdad una idea muy feliz.

Sistema de Mat (24 de enero de 1856).

Partiendo del hecho de que un alambre telegráfico colocado al lado de la via se halla cargado siempre de electricidad, y que las señales no se trasmiten sino por la interrupcion instantánea de la corriente, se concibe que pueden darse y recibirse toda especie de señales por el mismo alambre simultáneamente, si se coloca una série de aparatos telegráficos, unos á continuacion de otros, teniendo cuidado de que el polo positivo del uno comunique con el negativo del que le sigue.

El autor propone la siguiente disposicion para obtener un circúito eléctrico constante:

1.° En las líneas de poca importancia pueden emplearse

los alambres telegráficos, que existen ya para la trasmision de las señales del servicio ordinario.

2.° Para las líneas de consideracion hay que colocar un alambre especial, que se llama *servicio de la via.*

3.° A este alambre se fijan perpendicularmente á la via, á la altura de los postes telegráficos, otros alambres, que se aseguran con aislamiento en los postes del lado opuesto del camino, y que guardan entre sí una distancia regulada por la longitud ordinaria de un tren, es decir, de 40 á 50 metros.

4.° En cada uno de estos alambres perpendiculares se asegura otro, libremente suspendido por sus dos extremidades, en el cual frota una varilla, que va en el tren á la altura de la chimenea, y lo recorre de un extremo á otro, de suerte que cuando una punta de la varilla deja de tocar uno de los alambres colgados, la otra se pone en contacto con el otro alambre, situado á 40 ó 50 metros. De ese modo, la comunicacion entre los trenes y las estaciones es constante.

Este sistema, muy semejante al de Erckman, es realmente una copia imperfecta del de Bonnelli, con casi todos sus inconvenientes, y muchos mas, que aquel habia sabido evitar.

NOVENO GRUPO.

Sistema de Guyard (julio de 1854).

Al dar cuenta de este sistema en sus *Aplicaciones de la Electricidad*, Du Moncel empieza de esta manera:

«El sistema del capitan de ingenieros M. Guyard, imaginado en julio de 1854, y por consiguiente ocho meses despues que el de M. de Castro, es *idénticamente* semejante á este último.» Y en efecto, la semejanza no puede ser mas completa en la parte que se conoce de su sistema; así es que podriamos dispensarnos de hacer de él una nueva descripcion; pero esa misma identidad nos mueve á trasladar ínte-

gro el contenido de las dos memorias descriptivas, con que ha pedido su privilegio y lo ha adicionado despues; para que nuestros lectores juzguen de esa *simultaneidad* de ideas que nuestros vecinos de Francia pretenden encontrar en trabajos presentados con un intervalo de cerca de un año.

«Nuestra invencion (habla M. Guyard) tiene por objeto establecer una comunicacion telegráfica, automática y permanente, durante la marcha de los trenes, ya para evitar el encuentro de dos que avanzan en la misma ó en direccion contraria, ya para salvar los descuidos de los guardas al cerrar las barreras en los pasos de nivel, etc. Las locomotoras mismas son las que, á una distancia determinada, se previenen recíprocamente, ó mas bien indican á sus conductores (por medio de una comunicacion telegráfica independiente de la vigilancia de los empleados), la posicion respectiva que ocupan en la via, y el peligro que habria en continuar su marcha; y una comunicacion, telegráfica tambien, es la que advierte su negligencia á los guardas que hubieran olvidado cerrar las barreras en los pasos de nivel.

»Nuestro sistema, continúa, está basado en estos caractéres distintivos:

»1.° En la via, y superpuestas una á otra, se disponen dos séries de alambres metálicos, interrumpidos de manera que los centros de los alambres de la série superior correspondan á las extremidades de los alambres de la série inferior; estos tienen cada uno una longitud igual, cuando menos, al doble de la necesaria, para que dos trenes lanzados uno contra otro á toda velocidad puedan detenerse.

»2.° Los trenes van provistos de pilas y de avisadores de campana, y trasmiten, por medio de un pincel metálico, la corriente de la pila á los alambres colocados en la via, de manera que dos trenes no pueden hallarse á una distancia de la mitad de la longitud del alambre sin ponerse en comunicacion y cerrar el circúito, lo cual hace mover respectivamente en cada locomotora, ténder ó wagon un aparato

indicador, que espontáneamente advierte á los trenes que se detengan.

» 3.° Otro avisador ó repique colocado en cada barrera de los pasos de nivel, etc., que comunica telegráficamente con las dos séries de alambres arriba designadas, advierte al guarda, á la distancia de un alambre, que cierre la barrera en el caso en que se hubiese olvidado de hacerlo.

» El repique dispuesto de esa manera hace el efecto de un tren en oposicion con el primero.

» No hay que advertir que en el caso normal en que todo está perfectamente en regla, la corriente se halla interrumpida y todo el sistema telegráfico permanece en reposo.

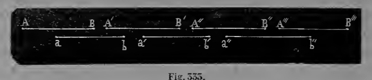
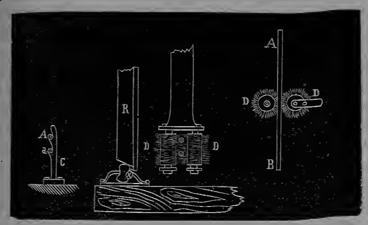


Fig. 333.

» Habiendo expuesto la naturaleza de nuestro sistema, dice Guyard, vamos á describir la aplicacion, valiéndonos de algunas figuras. Como principio, la figura 333 representa las dos séries de alambres; es decir, la superior, compuesta de alambres interrumpidos *A B*, *A′ B′*, *A″ B″*, y la inferior, compuesta igualmente de alambres interrumpidos, pero cuyas extremidades corresponden al centro de las longitudes de la fila superior. La longitud de cada alambre puede ser de unos 2,500 metros, espacio suficiente para detener dos trenes lanzados á toda velocidad en sentido contrario; por lo demás, esta longitud podria variar, segun la pendiente y las circunstancias.

» Las séries de alambres están apoyadas, de distancia en distancia, en unos pilaretes de porcelana ú otra materia aisladora, fijos en las traviesas de la via; y nos parece preferible que se dispongan cerca de la línea de los carriles (figura 334).

»La locomotora, su ténder ó un carruaje especial va provisto de una pila, que tiene uno de los polos en comunicacion con la tierra, y el otro con los alambres, por medio de un pincel metálico, compuesto de dos cepillos circulares *D D* (figuras 335 y 336).



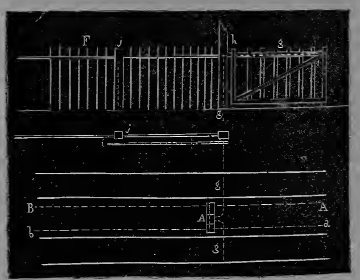
Figuras 334, 335 y 336.

»El pincel metálico de cada tren puede así trasmitir á los alambres conductores la corriente de una pila colocada en uno de sus carruajes, ó bien recoger la corriente conducida por dichos alambres desde otro punto; y si tiene cada tren una pila y un telégrafo eléctrico, sucede que uno de los polos de aquella se halla en comunicacion con los conductores, pasando por el telégrafo, mientras que el otro está en comunicacion con la tierra por medio de las ruedas y de las barras-carriles, y no se producirá ningun efecto mientras el circúito no se halle cerrado.

Al llegar otro tren á los alambres, se cerrará aquel, y la comunicacion se verificará inmediatamente, con tal de que las dos corrientes no se destruyan; es decir, que las pilas de ambos trenes deben estar en contacto con los alambres por polos diferentes, de manera que se prolonguen mútuamente y no formen sino una sola pila, cuyos dos elementos están unidos por los conductores. Este resultado, que no se

producirá siempre por sí mismo, es fácil de obtener por medio de un distributor como el de la figura 339, que cambie la direccion de las corrientes en intervalos bastante cortos. De esa manera las dos corrientes no podrán destruirse durante un tiempo mas largo que el del período del distributor, y si ambos están en contacto con los alambres por polos semejantes, uno de ellos no tardará en cambiar de lugar y se establecerá la comunicacion telegráfica.

Si todo se halla dispuesto así, no es posible un choque entre dos trenes, porque en efecto, una de las séries les impedirá que se encuentren ambos á la vez entre *A* y *B* (figura 333), la otra série lo evitará entre *a b*, es decir, entre *C* y *C'*. Lo peor que pudiera suceder es que cuando un tren llegara á *C*, el otro avanzase hasta *B*; por consiguiente, no podrian, sin hacerse señal recíprocamente, acercarse á una distancia menor que la mitad de la longitud de un alambre.



Figuras 337 y 338.

La misma disposicion telegráfica es aplicable á los pasos de nivel ó á la apertura de un puente giratorio, y basta, como lo indica el ejemplo de una barrera (figura 337 y 338), esta–

blecer la comunicacion de los alambres eléctricos *A B* y *a b* con la tierra cuando la barrera *F* está abierta.

»La barrera no puede ocupar mas que dos posiciones, abierta ó cerrada.

»Cuando está cerrada, el alambre que comunica con las séries *A B* y *a b* permanece flotante al lado del poste fijo *h*, y cuando está abierta, dicho alambre viene á tocar un gancho *i*, que le pone en comunicacion con la tierra y con un aparato avisador en *j*; ahora bien, si la barrera permaneciese abierta por descuido en el momento en que un tren deba pasar, este al tocar el alambre que se halla puesto en comunicacion con la tierra por la barrera abierta, cierra el circúito á una distancia conveniente, y el aparato avisador del guarda se pone en accion al mismo tiempo que el aparato de alarma de la locomotora previene al maquinista.

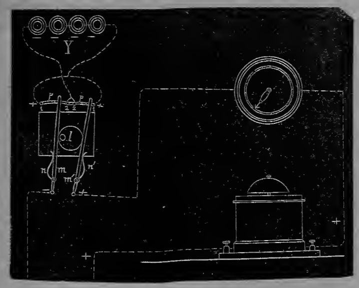


Fig. 359.

»Se comprende que con el mismo sistema, un guarda, al reconocer que hay algun impedimento en la via, podria avisar á un tren que no avanzara, con solo abrir la barrera ó poner los alambres en comunicacion con la tierra. De la mis-

ma manera, un guarda-agujas que hubiese hecho tomar al tren una falsa direccion podria cerrar el circúito y detenerlo con su señal.

»El distributor que nos parece á propósito para cambiar las corrientes está representado en la figura 339. Se compone de un excéntrico *l*, que puesto en movimiento por un mecanismo de relojería, hace mover dos varillas *m m'*, apoyadas siempre en él por medio de los resortes *n n'*.

»Una de las varillas *m* está en comunicacion con las barras-carriles, y la otra *m'* con el pincel metálico; ambas se mueven apoyando cada una en una pieza *p*, formada de dos partes metálicas separadas por un diafragma muy delgado de marfil. Las partes 1, 1 de estas piezas, comunican con el polo positivo de la pila, y las 2, 2 con el polo negativo; de aquí se sigue que en ciertos intervalos, determinados por el mecanismo de relojería, la corriente cambia de nombre. La varilla *m* comunica con el repique ó avisador, y tambien con el telégrafo, si lo hay.

»*Detalles de ejecucion.*—Los alambres conductores se pueden suponer facultativamente colocados como lo indica la figura 334, ó disponerlos horizontales en postes convenientemente separados (suponemos que querrá decir á un mismo nivel ó sobre un plano horizontal).

»El pincel metálico, que no debe dejar nunca de tocar los alambres durante la marcha del tren, puede tener la forma oblonga de una escoba de crin ó de metal, cuyo vástago esté articulado de manera que se mueva en un plano vertical que pase por el conductor; pero nos parece preferible hacerlo (véanse las figuras 335 y 336) como dos cepillos circulares *D*, *D*, de hebras metálicas sumamente finas y elásticas, que giren al rededor de sus ejes, ya sea ó nó con un mecanismo particular.

»En los pasos de nivel, los alambres se cubrirán con gutta-percha, y enterrados en el suelo, formarán un plano inclinado bastante suave para que el pincel pueda volverlos á coger

sin un choque sensible. La interrupcion que resulta de esta disposicion no tendrá mas inconveniente que el de retardar un momento la señal. En las estaciones pequeñas los alambres se enterrarán tambien.

»Las pilas deberán ser á propósito con todas las condiciones de solidez y sin sacrificar su energía.

»En caso de necesidad, podria sustituírseles con máquinas de corrientes de induccion, que recibirian el movimiento del mismo tren. En fin, el número de elementos es indeterminado.

»En resúmen, el sistema propuesto obra espontáneamente para prevenir los choques entre dos trenes, los accidentes de los pasos de nivel y puentes giratorios; no exige nunca el concurso del hombre, y previene por sí mismo los resultados de los errores ó de la negligencia; puede además en un punto cualquiera de la via permitir á un empleado que se ponga en comunicacion con un tren, siempre que esto pueda ser útil.

»Podria introducirse una modificacion en nuestro sistema *con objeto de simplificar la aplicacion y para mayor economía.*

»Las compañías de caminos de hierro han obtenido la autorizacion de establecer un alambre telegráfico para las necesidades del servicio. Este alambre podria suprimirse, y establecer la comunicacion de estacion á estacion por medio del alambre mismo destinado á los trenes en marcha, que en este caso no seria interrumpido; y la distancia á que se recibieran las señales quedaria regulada, no por la longitud de los alambres, sino por la intensidad de la corriente; la exactitud quedaria subordinada á la intensidad mas ó menos constante de las pilas.

»Tal es la descripcion del sistema de comunicacion telegráfica, automática y permanente para evitar los choques y accidentes en los caminos de hierro, concluye diciendo Guyard en su primer privilegio. Reclamamos en consecuencia su uso exclusivo, con la facultad de adoptar, al plantearlo,

todas las condiciones de seguridad y exactitud que exige la telegrafía eléctrica.»

Como complemento del privilegio que acabamos de trascribir, el capitan de ingenieros M. Guyard tomó otro el 13 de enero de 1855, cuyo contexto nos confirma mas en la idea de que su autor no solo no ha conocido la importancia del principio en que se funda el sistema que *ideó al mismo tiempo que nosotros*, sino que al querer darle otra forma distinta, olvidó las leyes de la ciencia, segun puede verse en lo que á continuacion copiamos. Dice así el segundo privilegio:

«Estudiando con atencion el sistema telegráfico automático que he definido en mi primer privilegio, he visto que era posible adoptar una combinacion mas sencilla que llenase el mismo objeto, y permitiese utilizar en parte el material que ya existe para trasmitir comunicaciones eléctricas.

»Esta modificacion constituye el objeto de la mejora que propongo y voy á describir:

»Coloco entre las dos vias los alambres que sirven en la actualidad para las comunicaciones telegráficas ordinarias; pero tengo cuidado, al hacerlo, de disponer los alambres sobre unos postes, que avanzan hasta entrar en la vertical de cada una de las vias.

«Tomo dos alambres para cada via, y puedo con ellos atender á todo el servicio ordinario.

«En efecto, si se tiene cuidado de introducir la corriente por los polos del mismo nombre en cada uno de los conductores telegráficos, se podrá sin inconveniente derivarlos de unos á otros, porque habiendo recibido todos los conductores corrientes del mismo nombre, no resultará ninguna neutralizacion de flúido; cada corriente seguirá su conductor, y las comunicaciones se trasmitirán como si el aislamiento fuese absoluto.

»Podré pues, sin perjudicar en nada á la trasmision de los partes, poner un tren en comunicacion con dos de los alam-

bres conductores telegráficos, por medio de un tercer conductor unido al tren, y que sirve para juntar los dos primeros.

»Con esta modificacion, la pila colocada en un tren tendrá los polos comunicando, no ya con un conductor y la tierra, sino con los dos alambres conductores; de los cuales, uno recibirá la corriente ordinaria y la corriente especial por los polos del mismo nombre, mientras que el otro las recibirá por los polos de nombre contrario.

»La corriente especial podria muy bien quedar neutralizada en el conductor que trasmite una corriente contraria; pero estando completos los tres circúitos, la necesidad de neutralizacion del flúido asegurará la coexistencia de las tres corrientes. Por lo demás, si esta prevision no se realizase, el sistema especial no podria nunca interceptar las comunicaciones ordinarias, si se tiene cuidado de emplear para ellas una corriente algo mas fuerte de lo necesario (1).

»*En cuanto al sistema especial, tendrá para sí, cuando menos, el intervalo entre la trasmision de dos letras ó señales.*

»En los pasos de nivel la derivacion se establecerá entre los dos conductores, de manera que cierre el circúito del sistema de seguridad.

»El distributor no deberá, como en mi proyecto primitivo, cambiar el sentido de la corriente, sino suprimirla. El empleo de un alambre continuo supone una corriente de intensidad constante; y este resultado podrá obtenerse disponiendo el aparato de Ruhmkorff de manera, que moviéndose ó cambiando la posicion de la espiral de induccion, se pueda hacer variar la intensidad de la corriente inducida.

(1) Para que no se atribuya al traductor la oscuridad de este párrafo, insertarémos el original, que dice así: *Le courant spécial pourrait bien être neutralisé sur celui des conducteurs qui conduit un courant contraire, mais les trois circuits étant complets, la nécessité de neutralisation du fluide assurera la coexistence des trois courants. Du reste, si cette prévision ne se realisait pas, le système spécial ne pourrait jamais intercepter les dépêches ordinaires si l'on a soin d'employer pour ces dépêches un courant un peu plus que suffisant.*

»El empleado encargado de cuidar el sistema podrá reconocer, en períodos determinados por el reglamento, la intensidad de una corriente por un efecto conocido, como el de la inflamacion de una pequeña carga de pólvora, haciendo pasar la corriente sucesivamente por dos espirales que tengan alambres de diferente longitud y que representen los límites entre los cuales debe mantenerse la corriente.

»En fin, como complemento administrativo de este conjunto, dispongo un marcador, que indica, por la marcha de una aguja en una esfera ó muestra, el número de avisos que se han recibido automáticamente en la locomotora durante el viaje. Este aparato permite vigilar fácilmente á los empleados y justificar de una manera muy sencilla todas las negligencias y olvidos.

«En resúmen (dice M. Guyard, despues de haber explicado algunas figuras), como parte de mi privilegio principal, reclamo el derecho exclusivo de la nueva disposicion, que permite hacer por los mismos alambres conductores la trasmision de los partes del servicio ordinario y los avisos automáticos de las locomotoras que estén en peligro de chocar con otro tren ú obstáculo cualquiera.

»Este sistema está basado en el empleo de dos alambres, que pueden destinarse al mismo tiempo á un servicio especial de seguridad, por el hecho solo de una disposicion reglamentaria que prescriba que la trasmision de los partes del servicio ordinario se haga en todos los conductores por los polos del mismo nombre.

»Reclamo igualmente, dice por último Guyard, el medio indicado de graduar la intensidad de la corriente por medio del aparato de Ruhmkorff modificado, y si la trasmision simultánea de los partes ordinarios y de las señales de seguridad presentase algunos inconvenientes, se pondria en cada via un alambre especial, pero conservando las disposiciones arriba indicadas.»

Nosotros reconocemos el derecho que tiene M. Guyard á la

invencion de una y otra cosa, y creemos no equivocarnos al asegurar que nadie le disputará jamás el mérito de haber tropezado con su trasmision simultánea ni de haber aplicado el aparato de Ruhmkorff á regularizar las corrientes eléctricas.

Modificaciones de M. Guillot.

Habiéndose presentado M. Guyard en el camino de hierro de Orleans para ensayar el sistema de señales eléctricas, no bajo el peregrino aspecto que le hizo tomar con sus mejoras, sino tal cual lo describió en su primer privilegio, es decir, idéntico al nuestro en la parte esencial; M. Guillot, jefe del telégrafo en dicha línea, encontró que los aparatos de M. Guyard no llenaban su objeto, y propuso modificarlos de la manera que vamos á dar á conocer.

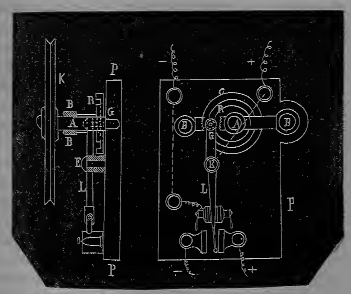


Fig. 340.

Inversor. — Sea *A* el eje del aparato montado entre la platina (que así se llama la plancha metálica en que se fija el mecanismo de un aparato telegráfico) y el soporte *B* (figura 340). Este eje recibe un movimiento rápido de rotacion, que le trasmite directamente el eje del wagon por medio de una correa,

que abraza la polea montada en el eje y la del aparato, marcada con la letra *K*. El eje *A* hace dar vueltas á la rueda *C*, que tiene una ranura ó canal excéntrica *R*, por la cual corre la rodaja *G*, que da un movimiento de oscilacion á la palanca *L*, móvil al rededor del punto *E*. Basta examinar la figura para comprender el sistema de inversion.

Este inversor tiene, entre otras ventajas, la de ser casi igual al interruptor de Breguet, ó por mejor decir, no es mas que el de Breguet modificado, y por consiguiente la experiencia ha hecho ver que puede emplearse sin peligro de que se descomponga fácilmente. Tiene además sobre el de Guyard, la ventaja de haber propuesto su autor que se le diera movimiento, no por un mecanismo de relojería, sino poniéndolo en relacion con la rueda de un carruaje.

Figuras 341 y 342.

Barreras. — En la disposicion propuesta por el capitan Guyard para proteger los pasos de nivel en que hay barreras, estas no dan la señal de peligro sino cuando están enteramente abiertas, y es preciso que un empleado encaje un gancho, sin lo cual es ineficaz el sistema, así como en todas las posiciones intermedias, que pueden ofrecer peligro para la circulacion. M. Guillot ha propuesto el siguiente medio, muy semejante, aunque mas acabado que el segundo de los que indicamos al describir nuestro sistema.

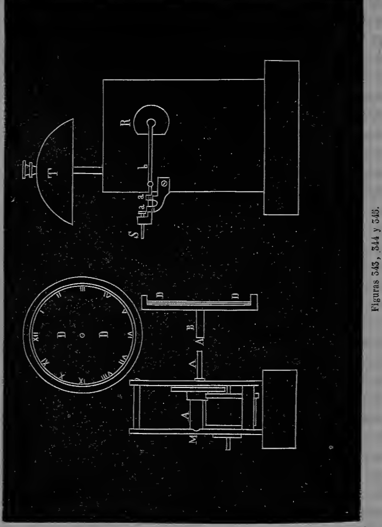
Sea *A* (figuras 341 y 342) una clavija sólidamente asegurada en el pilar de la barrera, que sirve de eje al barrilete *B*; este tiene dentro un resorte en espiral, tendiendo siempre á soltarse hácia el lado adonde se abre la barrera; pero como el extremo exterior se halla fijo á las paredes del barrilete, este es el que da vueltas; pero lo detiene el tope *D*, que se encuentra con el apéndice rígido *E*, unido al barrilete. Otro apéndice flexible *C*, fijo en este, viene á encontrarse tambien, al abrirse la barrera, con el resorte de contacto fijo *F*, que comunica con el conductor de la línea.

Se comprende que mientras no haya contacto entre el apéndice *C* y el resorte *F*, la clavija *A*, el barrilete *B* y el tope *D* siguen exactamente el movimiento de la barrera, pero en cuanto las dos piezas lleguen á encontrarse, el barrilete permanece fijo, y deja que la barrera continúe su movimiento, abriendo mas el resorte interior.

Cuando la barrera se halla cerrada, la distancia del apéndice *C* al resorte fijo *F* puede modificarse, variando la situacion del tope fijo por medio del tornillo *V* (figura 342), y esta distancia determina precisamente el ángulo de abertura que produce la comunicacion con la tierra; por consiguiente, puede arreglarse con la mayor exactitud en cada barrera el momento en que el aparato avisador debe prevenir al maquinista y al guarda de la barrera.

El contador ó registro, que M. Guyard no hace mas que mencionar en las modificaciones á su privilegio, constituia, segun M. Guillot, un aparato especial, armado de un electro-iman que marcaba directamente al imantarse; pero con ese procedimiento, que le parecia en primer lugar poco seguro, la corriente no podia tener sino una fuerza limitada, pues se veia precisada á atravesar cuatro espirales de gran extension, que aumentaban considerablemente la resistencia y exigian una corriente mas fuerte; además no habia relacion forzosa entre las indicaciones del contador y las señales del aparato de alarma.

En el sistema que presenta M. Guillot, la marca se hace por una fuerza considerable, que no deja duda de la seguridad de su efecto; se suprimen las cuatro espirales, y por consiguien-



Figuras 343, 344 y 345.

te puede disminuirse el número de elementos de la pila, y además la marca en el contador la hace el instrumento mismo que da el aviso al maquinista; por consiguiente, hay certidumbre material de que todo punto trazado en el círculo de

papel es una prueba irrefragable de que el avisador ha hecho su señal.

Sea *M* (figura 343) un mecanismo de relojería arreglado por un escape libre, que produzca cuando menos 1,800 vibraciones por hora; el eje *A* de la rueda grande da una vuelta cada doce horas, y tiene en su prolongacion exterior un disco metálico (figura 344), sobre el cual se colocan los círculos de papel, divididos ó graduados como se ve en la misma figura, vista de frente.

Este disco se halla ajustado al eje *A* de una manera análoga á la de las agujas ordinarias de un reloj, para que se pueda colocar fácilmente la hora de salida frente al punzon *S* (figura 345), lo cual permite á este hacer una marca en el disco, resbalando ó corriendo por entre las dos guias *a a* cuando recibe el movimiento de la varilla *b*, articulada en el excéntrico de la rueda *R* de un aparato avisador ordinario de campanilla; habrá pues una marca en el disco cada vez que la rueda *R* dé una vuelta.

El contador ó *contralor* de M. Guillot tiene, como su inversor, la ventaja de poderse aplicar inmediatamente sin ensayos prévios; porque los avisadores ó repiques eléctricos ordinarios que se emplean en los puestos telegráficos, tienen en la parte exterior de la platina la rueda *R*, que da *una* vuelta sola cada vez que se cierra el circúito. La disposicion pues que representa la figura no es mas, segun el mismo M. Guillot, que una modificacion muy sencilla de los aparatos que se usan hace mucho tiempo en la telegrafía ordinaria.

Sistema de Achard.—Freno eléctrico.

M. Augusto Achard, ingeniero civil francés, dedicado hace mucho tiempo al estudio de los medios mas apropiados de trabajar la seda, pensó valerse de la electricidad como medio de trasmitir una fuerza motriz cualquiera, y aplicó su idea á una máquina para devanar la seda de los capullos, que figuró en la exposicion universal de 1855.

Examinando detenidamente el principio de su sistema de trasmision, observó M. Achard que podria aprovecharse tambien con ventaja para hacer obrar automáticamente los frenos de los carruajes en los caminos de hierro, y el aparato que con este objeto ha construido es uno de los mas ingeniosos que se han propuesto. Para completar los efectos de su *freno eléctrico*, y proporcionar una seguridad absoluta en los caminos de hierro, haciendo que la ciencia intervenga en los casos en que la vigilancia mas exquisita se ha estrellado siempre; en una palabra, para hacer verdaderamente automáticos sus frenos, ha imaginado M. Achard, en 1855, un sistema tan semejante al nuestro, que no nos detendrémos sino lo suficiente para darlo á conocer; pero sí describirémos detalladamente el *freno eléctrico*, que es lo que hay verdaderamente nuevo en su invencion.

Tiene estas dos circunstancias esenciales:

1.ª Utilizar la velocidad misma del tren para apretar los frenos, y se aprietan con tanta mas rapidez, cuanto mayor es la velocidad. Esta influye á su vez sobre sí misma, y llega á aniquilarse el esfuerzo que la va disminuyendo cuando el tren se detiene completamente.

2.ª Emplea la adherencia electro-magnética desarrollada por el contacto, es decir, en el máximum de su accion, y solo como medio de trasmitir el movimiento.

Con el sistema de Achard, el maquinista tiene en su mano todos los frenos de un tren, y puede hacerlos obrar sin que nadie le auxilie. Con él, dice un artículo del *Ingenieur*, no hay ya que hacer señal; desaparece la ejecucion múltiple de una maniobra que debe ser *única* y *simultánea* en sús efectos, cesan los intervalos entre la señal y su ejecucion, y el maquinista, único responsable, que ve la necesidad de detener el tren, lo hace sin mas que dar vuelta á la manija de un conmutador para que pase una corriente eléctrica al través de sus frenos.

La figura 346 representa la proyeccion horizontal del apa-

rato que aprieta los frenos, cuyo principio consiste en utilizar la fuerza desarrollada por la rotacion de las ruedas del carruaje en que va el freno. Tomamos la siguiente descripcion de *El Cosmos* y de una memoria impresa que nos ha facilitado el mismo autor:

«En el árbol *A*, que sirve de eje al manubrio de los frenos, se fija sólidamente una rueda de escape *C*, con ocho dientes. Un excéntrico *D*, adaptado á uno de los ejes *N* del carruaje, comunica por medio del vástago articulado *F* un movimiento circular alternativo á otro árbol vertical *E*, paralelo al del manubrio y próximo á él. En este segundo árbol, y á la altura

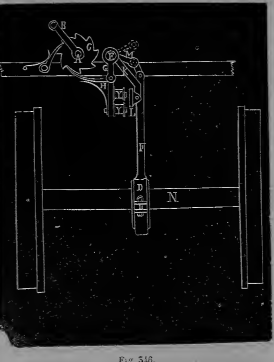


Fig. 546.

de la rueda de escape, se fija un brazo *G*, armado con una pieza *H*, que puede en caso necesario obrar sobre los dientes de la rueda, y hacerla dar vueltas, avanzando un diente á cada oscilacion del árbol *E*, puesto en movimiento por el excéntrico *D*. Si el brazo *G* estuviese invariablemente fijo al árbol *E*, tan luego como el carruaje se pusiera en marcha, la pieza *H* empujaria la rueda de escape haciendo pasar un diente á cada vuelta del eje, con lo cual se apretarian los frenos casi inmediatamente, pues el eje de la rueda es el mismo que el del manubrio; pero como no es ese el efecto que se quiere producir, sino que por el contrario, es preciso que la pieza *H*

obre solo cuando hay que detener el tren, el brazo *G*, donde se halla la pieza *H*, está fijo al árbol *E*, del mismo modo que las poleas locas; es decir, que puede girar á su rededor, y no sigue su movimiento sino cuando se pone en accion un mecanismo electro-magnético, que vamos á describir, y para el cual se fija invariablemente en el brazo *G* un electro-iman *YY*.

»Al mismo árbol *E* se adapta con solidez otro brazo *K*, que participa del movimiento alternativo del árbol, y en cuyo extremo se ajusta un pedazo de hierro dulce *L*, que puede servir de armadura al electro-iman citado.

»En el movimiento de oscilacion que el árbol le imprime al brazo *K*, y por consiguiente al pedazo de hierro dulce *L*, este viene á tocar á cada momento el electro-iman, para alejarse inmediatamente sin adherirse á él, hasta que por un medio cualquiera se haga circular una corriente eléctrica al través de los alambres del electro-iman; entonces la adherencia hace que la armadura *L*, al retirarse, por el movimiento que le comunica el arbol *E*, arrastre consigo el electro-iman, cuyo brazo *G* sabemos que gira como una polea loca.

Al verificarse este primer movimiento del electro-iman, la pieza *H*, que apoya contra la rueda por la accion de un resorte, resbalará sobre el diente para colocarse detrás de él y empujarlo, cuando el movimiento de oscilacion del brazo *K* haga volver el electro-iman á la posicion primitiva; se retira de nuevo para empujar despues otro diente, y así va dando vueltas la rueda *C* y apretando los frenos, hasta que moderándose la velocidad gradualmente, llega á detenerse el tren, en cuyo caso ni las ruedas ni el eje ni el excéntrico giran; por consiguiente, la rueda de escape deja de dar vueltas al eje de los frenos precisamente cuando es necesario suspender la accion.

Cuando la armadura recorre el arco de círculo de izquierda á derecha, arrastrando consigo el electro-iman, es necesario que la fuerza magnética de adherencia sea suficiente para vencer solo la resistencia debida al rozamiento de la pieza *H*

contra la rueda *C*, y la del brazo *G* al rededor del árbol *E*; se sabe que con un electro-iman ordinario de 5 á 6 centímetros de diámetro, y una pila de 3 ó 4 elementos, se pueden elevar mas de 30 ó 40 kilógramos, cuando hay contacto entre la armadura y el electro-iman; por consiguiente, no es de temer que deje de verificarse el movimiento, en que la atraccion no tiene que vencer mas que el rozamiento. En cuanto al segundo movimiento de derecha á izquierda, que es el que realmente produce el efecto útil, no puede menos de tener lugar; la accion magnética no es ya necesaria entonces, la armadura empuja el electro-iman, la pieza *H*, y por consiguiente la rueda *C*, con una fuerza mas que suficiente para hacer girar el árbol ó tornillo que aprieta los frenos; porque lo hace con todo el poder mecánico desarrollado en la rotacion de las ruedas.

Si la rueda de escape tiene ocho dientes, cuando las del carruaje hayan dado ocho vueltas, aquella, es decir, la de escape, y por consiguiente, el tornillo que aprieta los frenos, habrá dado una vuelta entera, y si se necesitan cuatro vueltas del manubrio para que los frenos lleguen á producir el máximum de su efecto, será preciso que las ruedas dén $4\times8=32$ vueltas para que se detenga el tren. Pero se comprende que no es indispensable que la rueda de escape tenga ocho dientes, estos pueden ser seis, ó mas, ó menos; y aplicando el mismo principio, podrian ponerse en juego dos piezas como *H*, que obrando alternativamente, apretarian los frenos con doble rapidez; en una palabra, con disposiciones fáciles de comprender se puede aumentar ó disminuir como se quiera la velocidad con que obran los frenos, segun las exigencias del servicio.

Se ve pues que aunque el aparato eléctrico de M. Achard pone en accion fuerzas muy considerables, no necesita para ello ni una corriente demasiado intensa, ni electro-imanes de gran tamaño; porque la electricidad produce comparativamente efectos mecánicos directos muy pequeños, y para

producirlos se hace obrar á los electro-imanes en las condiciones mas favorables, es decir, en contacto, y no á distancia.

Concibamos que todos los frenos de un tren están provistos de aparatos eléctricos iguales al que acabamos de explicar, y que hay una pila en el ténder. El alambre que parte del polo positivo se dirige hácia el primer freno, da vueltas al rededor del electro-iman que se encuentra fijo á él, pasa sin interrupcion al segundo freno, recorre tambien su correspondiente electro-iman, y va de la misma manera al tercero y cuarto hasta el último, desde donde vuelve, siempre sin interrupcion, á un conmutador que hay junto á la pila. Con un solo movimiento que haga el maquinista para establecer la corriente por este mismo conmutador, podrá, sin auxilio de nadie, apretar instantáneamente todos los frenos de un tren.

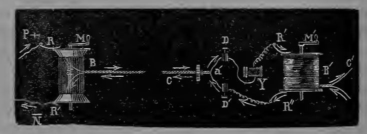


Fig. 347.

La figura 347 representa las partes esenciales de la trasmision que acabamos de indicar. El alambre conductor es un cordon metálico, compuesto de una docena de alambres de cobre, cuyo diámetro no pasa de 3 milímetros, y que se halla cubierto con un tejido de algodon. Envolviendo dos cordones separadamente, y juntándolos despues bajo una misma capa de algodon embreado en toda su longitud, el conjunto formará un cable pequeño *C*, cuya alma la constituyen los dos alambres conductores *a*. Estos salen de ambos extremos del cable, para soldarse á cada una de las bases metálicas del tambor de madera *B*, destinado á envolver el cable en toda

su longitud; las otras dos extremidades a' se sujetan separadamente con el tornillo de presion de los dos contactos D y D'. El primero de estos se halla en comunicacion metálica con el electro-iman del aparato adaptado al primer freno, y el mismo alambre que viene á él pasa á la base metálica superior R' del segundo tambor, exactamente semejante al primero, y comunica así metálicamente con el extremo de uno de los alambres del cable C', que se ha supuesto arrollado en el tambor. El contacto D' está en comunicacion metálica inmediata con la base R'' del segundo tambor B'.

El paso del segundo freno al tercero se efectúa de la misma manera, y así en los demás, hasta el último, donde se sueldan los dos extremos de los alambres del último cable.

Veamos ahora cómo circula la corriente: El alambre que parte del polo positivo P va á parar al resorte R, que apoya con fuerza contra la base metálica superior del tambor B, el flúido eléctrico atraviesa el resorte, la base metálica del tambor y el alambre a que está soldado á él; sigue por el mismo alambre en el cable C, y sale de él para penetrar en el contacto D; se dirige de allí al electro-iman Y, lo rodea con sus espiras, pasa al resorte R', lo atraviesa, igualmente que la base metálica del tambor, para entrar en el alambre del segundo cable; y así en los demás. Desde el último freno vuelve la corriente sucesivamente por todos los cables, resortes y contactos, terminando por fin en el resorte R', que se halla en comunicacion con el polo negativo N. Entre estos dos últimos puntos es donde debe hallarse establecido el conmutador, que permite al maquinista disponer instantáneamente de los frenos. Cuando ya se ha formado el tren, y cada carruaje está en su lugar, el primer guarda-frenos coge el extremo del primer cable C, que se supone arrollado en el tambor B, lo desenvuelve hasta que alcanza al primer freno, haciéndolo pasar por encima de los carruajes interpuestos, mete despues los dos cabos en los contactos D y D' y aprieta los tornillos

para sujetarlos; no puede haber temor de equivocacion si los contactos y los extremos de los alambres están dispuestos de modo que solo pueda entrar cada uno de estos últimos en el agujero que le corresponda. El segundo guarda-freno hace la misma operacion con el segundo cable *C'*, y así los demás; de suerte que todos pueden ejecutarlo simultáneamente, sin esperarse unos á otros. Al llegar el tren á la estacion adonde va destinado, si hay que desarmarlo, no tienen los guarda-frenos mas que aflojar los tornillos y envolver el trozo de cable en el tambor correspondiente.

Como los carruajes que llevan frenos no son sino la décima parte aproximadamente de los que constituyen un tren, se ve que los gastos de instalacion se reducen á una suma insignificante, comparados con el valor del material que compone el tren.

Con la disposicion que ha dado Achard á sus frenos eléctricos, hay la ventaja de que los guarda-frenos los aprietan y aflojan cuando es preciso, como si no se les hubiera añadido el nuevo aparato, de suerte que pueden ejecutarse las maniobras ordinarias de la misma manera que en la actualidad; pero en un momento dado, si es necesario, el maquinista los hace obrar todos simultáneamente y detiene el tren sin auxilio de nadie. Siendo el único responsable de lo que suceda, dice la memoria de donde tomamos estas noticias, redoblará su atencion y actividad; porque sabe que si ocurre un accidente no podrá achacarse á la torpeza ó negligencia de los guarda-frenos.

M. Achard ha querido hacer automática la accion de los frenos que acabamos de describir, adoptando una disposicion que evita los choques en los pasos peligrosos, como los túneles, curvas, puentes giratorios, pasos de nivel y apartaderos; y siempre que dos trenes vayan el uno al encuentro del otro ó se aproximen lo bastante, marchando en la misma direccion, para que pueda considerarse insuficiente la distancia que los separa. La disposicion adoptada por M. Achard

es simple y sencillamente la que nosotros habiamos propuesto para nuestro sistema, dos años antes, de la cual no habia tenido noticia el inventor de los frenos eléctricos, segun nos ha asegurado él mismo; porque dedicado exclusivamente á sacar partido de la idea de trasmitir eléctricamente una fuerza motriz, y resuelto el problema de una manera tan satisfactoria en su aplicacion á los frenos de los caminos de hierro, sin examinar ninguno de los sistemas que se habian propuesto para hacer señales automáticas, buscó por sí mismo el medio de hacer esa accion automática tambien, y que se verificara en cualquier punto de la via á una distancia conveniente. Con semejantes condiciones, ya lo hemos dicho en el capítulo XII, creemos que no es posible dejar de tropezar con nuestro sistema, único que puede reunirlas, prescindiendo de la perfeccion de los medios y accesorios con que se ha puesto en práctica el principio.

En cuanto á estos medios, creemos, con Du Moncel, que Achard ha sido menos feliz que nosotros, como lo demostrarémos en el próximo capítulo, contentándonos por ahora con exponer su sistema y haciéndolo muy ligeramente de aquello que ya conocemos.

La figura 348 y siguientes representan la disposicion por medio de la cual se propone Achard que obren los frenos automáticamente, cuando dos trenes que vayan por la misma via no estén separados sino por una distancia de 2 ó de 4 kilómetros. Se establecerán entre la via misma, y en toda su longitud, dos conductores metálicos, interrumpidos cada 4 kilómetros; consisten en una barra de hierro plana, como la representan *P* y *P′* en las figuras 348 y 349, vista por su ancho y por su grueso; son paralelas y descansan ambas en los mismos zoquetes de madera *o*, fijos á las traviesas. Es además in-

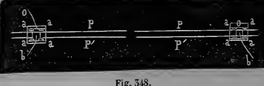


Fig. 348.

dispensable que las dos barras conductoras estén colocadas alternativamente; es decir, que las extremidades de una correspondan á los puntos medios de la otra, como lo indica la figura 348, donde se ven tambien los zoquetes en proyeccion horizontal. Dos cuñas *b* mantienen los conductores separados uno de otro, y los comprime contra dos chapas de porcelana adaptadas á las paredes interiores del zoquete, de manera que los dejan aislados de él. En la figura 349 se ven los mismos conductores de perfil, y se representan en ella con idénticas letras las mismas piezas.

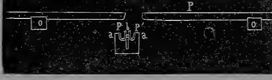


Fig. 349.

En el ténder, donde va la pila, se establecen dos frotadores *q*, fijos á unas varillas articuladas *d R S* (figura 350), de manera que se apliquen exactamente, uno contra los dos conductores *P* y *P′*, y el otro contra cualquiera de las líneas de barras-carriles.

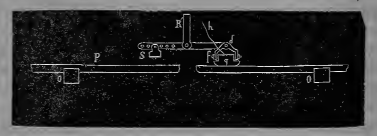


Fig. 350.

Concíbase ahora que cada tren vaya provisto de su pila, y cada freno armado con un aparato semejante al que hemos descrito. Los dos frotadores *q* se pondrán en comunicacion, uno con el polo positivo, y otro con el negativo; pero antes uno de los alambres se dirigirá hácia los electro-imanes, los recorrerá sucesivamente, y volverá despues á ponerse en contacto metálico con el frotador correspondiente.

Las pilas estarán todas dispuestas en los trenes de la mis-

ma manera; el polo positivo, por ejemplo, siempre á la derecha, y el negativo á la izquierda en el sentido de la marcha, con lo cual se obtendrán los resultados siguientes:

1.° Cuando dos trenes que marchen por la misma via uno al encuentro del otro lleguen ambos á la vez al mismo conductor *P* ó *P'*, el circúito eléctrico se cerrará con las dos pilas al mismo tiempo, y como se hallan inversamente colocadas con respecto á sus polos, las dos corrientes obrarán en el mismo sentido y se sumarán; por consiguiente, todos los aparatos eléctricos de los frenos se pondrán en accion por uno y otro lado á la distancia mínima de 2 kilómetros, y la detencion tendrá lugar antes de que el encuentro haya podido verificarse.

2.° Si hubiera un obstáculo imprevisto al través de la via, y si fuera capaz de poner en comunicacion con la tierra los conductores eléctricos establecidos, el obstáculo mismo produciria á cierta distancia la detencion de todos los trenes que se dirigieran hácia él, cualquiera que fuese la direccion que llevaran. En este caso se hallarian un hundimiento de consideracion en un túnel ó en una curva, la inmersion de una parte de la via por una inundacion, etc.

3.° Arreglando los pasos de nivel de modo que al abrir la barrera, los dos conductores se hallasen en contacto con la tierra, y que por el contrario, permanecieran aislados cuando la barrera estuviese cerrada, se tendria la certeza de que todos los trenes que se dirigieran hácia un paso de nivel cuya barrera estuviese abierta, quedarian detenidos á una distancia suficiente, por el hecho solo de que habia un peligro en pasar adelante. La misma observacion se aplica á los puentes giratorios.

4.° Siempre que por un accidente se hallase un trèn de mercancías ó de viajeros detenido en la via, bastaria poner los conductores en comunicacion con la tierra para detener á distancia todos los trenes que se acercasen.

5.° En fin, cada vez que se percibiese un motivo de peligro en un punto cualquiera de la via, los guardas de la línea

los de las barreras, y los empleados de las estaciones podrian producir la detencion de todos los trenes; para lo cual les basta poner tambien los conductores eléctricos aislados en comunicacion con la tierra.

Veamos cómo se consigue que el maquinista pueda manejar los frenos sin destruir ni oponerse á la accion preservatriz de los conductores aislados. Durante la marcha del tren, el polo positivo de la pila se halla en comunicacion permanente con el frotador que apoya contra los conductores aislados. El alambre que parte del polo negativo se dirige hácia los frenos, como hemos dicho, los recorre sucesivamente, y vuelve al frotador que apoya contra las barras-carriles. En el momento en que el maquinista quiere servirse por sí mismo de los frenos, da vuelta á su conmutador, y con el mismo movimiento verifica: 1.° la interrupcion del alambre con el frotador de los conductores eléctricos establecidos en la via; 2.° la interrupcion tambien del polo negativo con el frotador de las barras-carriles; 3.° restablece la comunicacion del alambre que vuelve de los aparatos de los frenos con el polo negativo, y cierra así el circúito de estos. No quedando ya los conductores de la via en comunicacion metálica con la pila, no obra de ninguna manera la aproximacion de un tren; pero en cuanto el maquinista cree que no necesita ya servirse de los frenos, pone el conmutador en su posicion ordinaria, y queda todo preparado para la detencion automática.

Ya hemos indicado que el aparato eléctrico que se adapta á los frenos no impide que los empleados puedan, como de costumbre, apretarlos y aflojarlos ellos mismos á mano; basta, en efecto, separar los dos fiadores que se ven en la figura 346, operacion que puede ejecutarse con un simple movimiento de palanca.

El sistema será tanto mas perfecto y seguro, cuanto mayor sea el esmero con que se trasmita el flúido eléctrico y se establezca el conductor. Con este objeto propone M. Achard la disposicion siguiente, cuya eficacia estriba: 1.° en la propiedad,

que segun él, tienen casi todos los cuerpos grasos de ser malos conductores de la electricidad en èl estado sólido, y de convertirse en buenos conductores cuando se liquidan; y 2.° en el hecho, consagrado por la experiencia, de que dos cuerpos metálicos aislados por una capa sólida de grasa, que cubre toda su superficie, pueden, sin embargo, trasmitirse el flúido eléctrico cuando se ponen en contacto frotándolos de una manera enérgica.

Hemos dicho que el contacto continuo entre la pila y los conductores durante la marcha de los trenes se efectúa por medio de un frotador *q* (figura 350), puesto en el extremo de una varilla articulada *R*, que se fija sólidamente en la parte anterior ó posterior del carruaje. Detrás del frotador va una caja de grasa, que apoya constantemente tambien contra los dos conductores *P*, *P'*, dispuesta, de la misma manera que el frotador, al extremo de una varilla articulada; el fondo de la caja es un pedazo de cobre fuerte con agujeros que dejan salir la grasa cuando se liquida por efecto del calor que desarrolla la frotacion en la caja durante la marcha del tren; la grasa se filtra, y va esparciéndose á lo largo de los dos conductores *P*, *P'*, se solidifica cuando se encuentra con el metal frio y se convierte en una capa aisladora. Empleando esta caja cuando se crea necesario renovar la capa de grasa, el flúido eléctrico encontrará siempre los conductores perfectamente aislados. Ya hemos dicho que aumentando la presion del frotador, el rozamiento contra los conductores será bastante enérgico para que, á pesar de la grasa, se trasmita por ellos el flúido desarrollado en la pila que lleva el tren.

Añadirémos algunos pormenores mas acerca del frotador, que completarán la descripcion de los medios empleados por Achard para poner en práctica su idea de hacer automáticos los frenos. Se ve en la figura 350 que la articulacion *d* obliga al frotador á que se apoye exactamente en sentido de la longitud, y la *f* en sentido del ancho, de manera que el contacto debe ser continuo; el brazo *R'*, que no está

representado en la figura sino en parte, es el que se fija al carruaje; el alambre *h* se suelda directamente en el frotador para evitar en lo posible las soluciones de continuidad; *S* es un contrapeso, destinado á regular la presion del frotador, y á este se le han redondeado los extremos, como lo indica la figura, para que resbale con facilidad sobre el conductor, sin peligro de engancharse.

La accion de los frenos eléctricos de M. Achard puede ser sucesiva, es decir, que la vayan ejerciendo unos despues de otros; medio que es el mas eficaz para detener completamente un tren en el menor espacio de tiempo posible, y sin sacudimientos. Admitamos, por ejemplo, que un tren lanzado á la velocidad ordinaria, tarda dos minutos en detenerse completamente, despues que los frenos se han apretado. Durante estos dos minutos el tren se mueve en virtud de la velocidad adquirida, contrarestada por las resistencias ordinarias y por la que le oponen entonces las ruedas de los carruajes de frenos, que no ruedan ya, sino que resbalan sobre las barras-carriles. Si dos segundos despues de apretar de firme los primeros cuatro frenos se aprietan otros cuatro, se opondrá al movimiento del tren una nueva resistencia, igual á la que se habia producido antes. Como la velocidad adquirida tiene ya una intensidad mucho menor, la segunda accion de apretar producirá un sacudimiento menos fuerte que el primero. Si dos segundos despues se repite por tercera vez la accion de apretar otros cuatro frenos, se opondrá una nueva resistencia, igual á las dos primeras, con un sacudimiento menor todavía que el segundo, por las mismas causas que debilitaron aquel. En fin, si todos los carruajes estuvieran provistos de frenos, y se les hiciera obrar sucesivamente con intervalos de dos segundos, se obtendria la parada definitiva con una rapidez tres ó cuatro veces mayor, y con menos sacudimiento tal vez que con los que actualmente se aprietan á mano. Esa accion sucesiva y regular puede obtenerse perfectamente y con facilidad en el sistema de Achard.

Sistema de Scias (febrero de 1856).

Entre los varios sistemas que se han presentado últimamente para evitar accidentes en los caminos de hierro por medio de la electricidad, se encuentra el de M. Scias, el cual confiesa no haberse propuesto mas que modificar el que lleva nuestro nombre, y presentó despues con el suyo el capitan Guyard. La modificacion de M. Scias es insignificante, y no harémos, por lo tanto, mas que mencionarla. Se reduce á proponer un conmutador de su invencion, cuyas ventajas no hemos podido apreciar, y al cual no vacilamos en preferir el de Ruhmkorff modificado, que hemos descrito en el capítulo XII, ó el de Breguet dispuesto por Guillot para que pueda aplicarse á nuestro sistema.

El privilegio de Scias ha sido tomado en Bélgica el 23 de febrero de 1856, poco despues que en Francia.

Sistema de M. Peudefer (julio de 1856).

En el periódico la *Science pour tous* del 3 de julio de 1856 se dan las noticias que á continuacion copiamos, remitidas por el autor mismo, sobre un sistema telegráfico para evitar accidentes en los caminos de hierro.

En toda la línea, dice, y entre la via, establecemos dos alambres conductores, paralelos y muy poco distantes entre sí, sostenidos por aisladores de porcelana, interrumpidos cada 4 kilómetros, y en comunicacion con la tierra por sus extremos. La solucion de continuidad de una série corresponde al centro de la distancia ó intervalo entre dos soluciones consecutivas de la otra.

Todas las locomotoras de la línea llevan una pila en actividad; y un frotador, que resbala constantemente sobre los conductores, establece la comunicacion entre ellos y la pila.

Uno de los electrodos de esta se pone en contacto con el frotador, y el otro con la tierra, y hallándose los alambres

conductores en comunicacion con ella cada 4 kilómetros, la corriente circulará en dicho intervalo.

Cada locomotora lleva tambien su repique eléctrico persistente, cuyo mecanismo no puede ponerse en movimiento sino por la accion de una corriente de una intensidad igual á 2, ó cuando menos superior á 1. Otro frotador la pone en comunicacion con los conductores de la via, y un alambre metálico en contacto con ella y con la tierra completa el circúito derivado. Por la disposicion misma de los conductores, es evidente, dice el inventor, que dos trenes que recorran la misma via no podrán acercarse á una distancia cuando mas de 2 kilómetros, sin que se produzca una corriente de una intensidad igual á 2 ó superior á 1, y por lo tanto, sin que se produzca una señal en el repique de cada locomotora. Quedarán pues avisados los maquinistas, y los trenes podrán extinguir su velocidad sin que haya choque.

Harémos notar, añade M. Peudefer, que al aplicar el sistema podria llegarse á obtener el mismo resultado de una manera algo diferente y tal vez preferible.

Suprimiendo el segundo frotador, y dando una direccion conveniente á la corriente derivada, que subiria entonces á la locomotora por el primer frotador, se conseguiria fácilmente neutralizar su accion constante sobre el escape del repique ó avisador, y cualquiera otra corriente que proviniera de una nueva locomotora obraria absolutamente como si recorriera sola los conductores de la via.

No pretendemos que los sistemas descritos en los capítulos XI, XII, XIII y XIV sean todos los que se han propuesto para evitar accidentes en los caminos de hierro por medio de la electricidad; es muy posible que en Alemania y en los Estados-Unidos de América se hayan presentado algunos que no han llegado á nuestra noticia; pero desde luego podemos asegurar que nos hemos hecho cargo de cuantos han obte-

nido privilegio de invencion en Inglaterra, Francia, Bélgica y España, y si hemos omitido algunos, es porque los hemos encontrado enteramente iguales á otros anteriores, mucho mas completos, que figuraban ya en nuestra recopilacion. El interés que ha excitado esta clase de inventos, y la costumbre ya contraida de hacer conocer en Francia y en Inglaterra todos los trabajos importantes de los demás países, nos hacen esperar que no faltará ningun sistema notable en nuestra reseña, al menos de los que se hayan dado á conocer en Europa. En el próximo capítulo se verá que si pecamos de algo al tratar esta materia, es de prolijidad, porque nos hemos hecho cargo de muchos sistemas que no lo merecian; pero hemos preferido esto á que se nos tachara de apasionados ó exclusivos.

CAPITULO XV.

EXAMEN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS PROPUESTOS PARA EVITAR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO, POR MEDIO DE LA ELECTRICIDAD.

Llegamos por fin á la parte mas penosa de la tarea que nos impusimos, y fuerza es confesarlo, la abordamos con el temor que es natural cuando se trata de emitir un juicio en materia tan importante y en que tan desacordes están las opiniones. Si á esto se añade que es imposible dejar de descontentar á la mayoría de los inventores; porque la verdad es única, y no pueden ser igualmente buenas dos cosas destinadas al mismo objeto, y que sin embargo difieren entre sí; teniendo presente además que el autor de estas líneas es al mismo tiempo juez y parte, como inventor de un sistema, que si no perfecto, es en su concepto menos incompleto que casi todos los ya expuestos, no se extrañará la timidez con que damos principio á este capítulo, que seguramente habriamos suprimido, á no tener conciencia de nuestra imparcialidad.

Para convencer de ello al lector, y ponerle en estado de juzgar por sí mismo de la cuestion y de la manera como la resolvemos, venimos desde el principio iniciándole en el conocimiento de la materia. Ha visto en los primeros capítulos la ciencia eléctrica en abstracto, la ha seguido en su desarrollo, ya enterándose de los principales descubrimientos hechos en ella, ya dándose cuenta de sus fenómenos y teorías fundamentales. Despues enumeramos, aunque ligeramente, las varias aplicaciones que ha tenido y puede tener, figurando, como es natural, en primer término la telegrafía eléctrica, madre de todas las aplicaciones mecánicas de la electricidad. El dar

una ligera idea de los caminos de hierro y de sus accidentes en general ha sido, siguiendo nuestro propósito, para que el lector, ya impuesto en los principios de la ciencia, se formase una idea de las necesidades, y los medios con que para satisfacerlas cuenta el actual sistema de locomocion, pudiendo así juzgar del mérito y utilidad de cada una de las invenciones propuestas para perfeccionar esta gran conquista del hombre. Pero como hemos visto, la descripcion, aunque sucinta, de dichas invenciones, llena un gran número de páginas; los sistemas son muchos, y variados los objetos que se proponen con ellos sus autores; de suerte que aunque no fuese mas que para presentar los hechos en resúmen, clasificarlos y compararlos entre sí, serian indispensables las líneas que vamos á trazar.

Examinando con atencion los sistemas eléctricos que se han propuesto y empleado para facilitar el servicio y aumentar la seguridad en los caminos de hierro, vemos que pueden dividirse en varios grupos, segun el fin que se propusiera el inventor. Hé aquí la clasificacion que nos parece mas lógica:

1.° Sistemas eléctricos para avisar de una estacion á otra la salida y llegada de los trenes, valiéndose de la mano del hombre para la trasmision, como en los telégrafos ordinarios.

2.° Sistemas eléctricos para evitar los efectos de la desunion de los trenes ó para establecer comunicaciones entre el maquinista y los empleados que van en el último carruaje.

3.° Sistemas de señales eléctricas no automáticas, trasmitidas por un guarda ú otro empleado á las estaciones, y viceversa.

4.° Sistemas de señales eléctricas, trasmitidas automáticamente á las estaciones por medio de aparatos fijos en la via, puestos en accion por los trenes mismos á su paso.

5.° Sistemas de señales eléctricas automáticas, que producen los trenes en los discos y otros aparatos fijos en la via, y que puede percibir al paso el maquinista ó conductor del tren.

6.° Sistemas de señales eléctricas para comunicar los trenes con las estaciones, y vice-versa, las cuales se reciben y producen automáticamente al pasar los trenes por ciertos puntos de la via.

7.° Sistemas de señales eléctricas automáticas entre dos trenes que recorren la misma via, al pasar por ciertos puntos de ella.

8.° Sistemas de señales eléctricas no automáticas, pero que se producen en cualquier punto de la via, ya entre los trenes y las estaciones, ya entre varios trenes que recorren la misma via.

9.° Sistemas de señales eléctricas automáticas, que se producen en los trenes en cualquier punto de la via, siempre que se hallen á la distancia mínima establecida de antemano.

Ancho es el campo que se nos presenta con esta clasificacion, para el exámen razonado que queremos hacer de los diferentes sistemas descritos en los capítulos anteriores; pero puede ya encerrarse en ciertos límites, que tratarémos de reducir cuanto nos sea dable, sin incurrir en la misma falta que Figuier, Víctor Bois y otros, que al hacer la crítica de varios sistemas en conjunto los han condenado sin excepcion, atribuyéndoles iguales ventajas é inconvenientes, y se han decidido en favor de otro, copia tan solo de alguno de ellos. Divididos los sistemas en los nueve grupos indicados, y colocadas en cada uno todas las invenciones dirigidas al mismo fin, podrán examinarse separadamente unas de otras, y se determinará con facilidad á quién corresponde la prioridad de la idea, y á quién el mérito de haberla presentado bajo una forma mas perfecta ó realizable. De esa manera vendrán á quedar solo nueve sistemas como representantes, digámoslo así, de los nueve grupos, y aun de esos podrán eliminarse fácilmente aquellos que por lo restringido de su objeto estén comprendidos en otros mas completos; de suerte que serán muy pocos los que entren en la comparacion definitiva que debe servirnos para elegir con acierto el sistema mas adecuado á las necesidades de un camino de hierro.

Sistemas eléctricos para avisar de una estacion á otra la salida y llegada de los trenes, valiéndose de la mano del hombre como medio de trasmision. — En esta categoría está comprendido el sistema que se usa en casi todas las líneas de caminos de hierro, y á él se debe, como lo hemos indicado en otro lugar, el inmenso desarrollo que ha tomado de algunos años á esta parte un género de locomocion, que sin el auxilio de la electricidad hubiera tal vez sucumbido ante las dificultades y complicaciones del servicio, siempre crecientes con las exigencias inevitables del público.

Conocemos ya el sistema propuesto por Cooke poco despues de haberse establecido los primeros telégrafos ingleses. Segun él, debian estar relacionadas todas las estaciones de cada una de las secciones principales en que dividia la línea, y poniendo estas á su vez en comunicacion, no podia moverse un tren de una estacion á otra sin que lo supiesen todas las de la seccion y las cabeceras de las otras secciones.

Aunque excelente, la idea de Cooke adolecia de algunos inconvenientes, entre ellos, la complicacion de los aparatos, que exigian un gran número de alambres conductores, y el de extender innecesariamente á todas las estaciones de una seccion el aviso de la salida y llegada de los trenes á cada punto; así es que si bien se ha adoptado generalmente el sistema de aplicar la telegrafía eléctrica á la marcha de los trenes, se ha hecho simplificando mucho el problema y sin dejar por eso de obtener el mismo resultado que se habia propuesto Cooke.

Hoy la precaucion se reduce, como hemos visto, á establecer un aparato telegráfico en cada estacion, que comunica con las dos mas inmediatas, y un segundo alambre pone en relacion las dos estaciones extremas de cada seccion. Cuando un tren sale, por ejemplo, de Madrid, se avisa á Getafe, que es la estacion inmediata, y á Aranjuez, extremo de la seccion; al llegar el tren á Getafe, el telégrafo de este punto avisa la llegada á Madrid y la salida á Pinto; el de Pinto

avisa de la misma manera á Getafe y á Valdemoro, sin que en las otras estaciones se tenga mas aviso que el general, que debió darse antes de la salida de Madrid, si era un tren extraordinario, para dejar expedito el paso en las estaciones, prevenir á los empleados y demás precauciones que exige un tren que no se espera.

Suponen muchos que tanto con el sistema de Cooke como con el que actualmente se emplea, el telégrafo eléctrico, avisando á las estaciones, convierte el tren especial en un tren ordinario; pero es un error, porque pasando este á horas fijas, los guardas se hallan en sus puestos, acaban de inspeccionar la via, y hacen con seguridad la señal de que pueden correr los trenes; mientras que uno extraordinario, anunciado por el telégrafo, encuentra únicamente preparados á los empleados de las estaciones, pero no á los guardas de la línea, barreras y demás, que no habiendo podido recibir el aviso, están desprevenidos, y rara vez es dable se coloquen en sus puestos al paso de un tren especial, con la seguridad y exactitud que lo pueden hacer en las horas de costumbre.

Se ve pues que el sistema telegráfico ordinario produce la inmensa ventaja de salvar á los trenes de los peligros que corrian antes, cuando por un retardo ó por otra causa cualquiera se cambiaban las horas; la falta de puntualidad, tan fácil de ocurrir, podia ser de terribles consecuencias; hoy no deberia tener ninguna, y si se observaran los reglamentos, estariamos seguros de la imposibilidad absoluta de los choques. Pero el telégrafo eléctrico es impotente en el intervalo que separa dos estaciones inmediatas; los peligros subsisten de la misma manera que antes, y por eso es preciso extender la influencia protectora de la electricidad adonde no alcanzan ni el sistema de Cooke, ni el ordinario, ni el de Tabourin. Este último no lo analizarémos, porque basta leer la descripcion que de él hemos hecho, para convencerse de que nada adelanta en la cuestion de seguridad; su sistema de no abrir la via sino cuando se recibe aviso de que se halla libre,

es decir, tener los discos y demás señales en posicion de peligro mientras no haya llegado un parte telegráfico, no es una idea nueva; y no vemos ventaja alguna en que los telegrafistas sepan que ha llegado el tren por un sistema auto-mecánico, en vez de verlo ú oirlo directamente.

Sistemas de señales eléctricas para evitar los efectos de la desunion de los trenes ó para establecer comunicaciones entre el maquinista y los empleados que van en el último carruaje.— Cinco son los sistemas que describimos para la resolucion de este problema, sencillo al parecer, pero harto difícil en la práctica. Todos ellos, como no podia menos, se fundan en la interrupcion de un circúito eléctrico en el momento de dividirse el tren, interrupcion que debe hacer sonar un aparato de alarma, ya en el caso extremo de que cese la corriente por la rotura accidental del conductor eléctrico, ya por un interruptor disyuntivo abierto voluntariamente.

El primero á quien le ocurrió poner en práctica esta idea fué Breguet, y al querer realizarla en el ferro-carril de Orleans el año de 1852, hubo de sorprenderle el hallarla impracticable; porque nada en efecto parece ofrecer menos dudas. El mal éxito, sin embargo, no provino de que el principio del sistema fuera malo; así es que el ingeniero subdirector del camino, M. Herman, repitió al año siguiente las pruebas, dando como suyo el sistema que no habia hecho mas que modificar sin mejor éxito, pues tuvo el mismo resultado. La union del conductor de un carruaje á otro no era bastante perfecta para que formado el tren precipitadamente, como suele hacerse, quedaran todos en comunicacion eléctrica.

Estos ensayos echaron por tierra cuantos trabajos se estaban haciendo para aplicar la electricidad á los caminos de hierro. Los directores de las principales compañías de Lóndres declararon, fundándose en ellos, *que la electricidad era*

un flúido demasiado sutil para poderlo emplear como medio de obtener seguridad en los caminos de hierro, y esta idea absurda se ha arraigado de tal manera en la mente de los que dirigen y administran las vias férreas, que es imposible vencer la oposicion que hacen á los que llegan con un sistema eléctrico cualquiera. ¡Como si no fuese un sistema eléctrico el que les ha permitido multiplicar la circulacion de sus líneas y entregarse tranquilamente al sueño despues de haber visto salir el tren de la estacion!

Tan poco felices como Breguet y Herman, fueron Fuchs y Gluckman en Inglaterra, ó mejor dicho, este último, porque el primero no hizo mas que obtener un privilegio en 1852, casi al mismo tiempo que Breguet hacia sus ensayos, por un aparato de alarma que se ponia en accion cuando se abria una puerta, y en general cuando se separaban dos superficies puestas en contacto de antemano. Aunque el inventor decia que su aparato era aplicable á los caminos de hierro, no entraba en los pormenores de la aplicacion, verdadera dificultad del problema; así es que apenas merece figurar entre los que han tratado de resolverla; porque la idea, ya lo hemos dicho, es de Breguet, y ninguno de los que continuaron sus trabajos ha hecho mas que tratar de perfeccionar los medios de realizarla. Leon Gluckman, que es el otro, y cuyo privilegio data del mes de noviembre de 1854, no solo propone diferentes medios de verificar la union eléctrica de los carruajes, sino que, segun parece, los ha ensayado últimamente en el ferro-carril de Birmingham, aunque con tan mal éxito como sus predecesores.

Mas feliz ha sido, segun Du Moncel, M. Jules Mirand, cuyo privilegio no data sino del mes de abril de 1855, y que conservando el mismo principio de Breguet, ha cambiado el sistema de union adoptado por los demás, y ha empleado sus campanillas eléctricas, mucho mas adecuadas al objeto. A pesar de que no hemos visto que se haya adoptado en ningun camino el sistema de Mirand, por mas que pare-

cia debieran haberlo acogido con avidez los que recurrieron dos años antes al peregrino medio de proponer se tocase desde el último carruaje una campana fija en el ténder; á pesar, decimos, de no haber visto puesto en práctica el sistema de Mirand, no dudamos sea eficaz, y atribuimos el que no esté aplicado, mas que á la dificultad de montarlo en los trenes, á la indiferencia, y no titubearémos en decirlo, al desprecio con que son recibidas tales ideas.

Resulta, pues, de cuanto acabamos de decir, que el pensamiento de conseguir una señal de alarma ó de establecer una comunicacion eléctrica entre los empleados y el maquinista de un tren, pertenece sin disputa á Breguet, pero el mérito de haberle dado una forma realizable es de Mirand. Digamos ahora algunas palabras acerca de la importancia y porvenir del sistema de este último.

No es posible desconocer que la comunicacion entre los guardas de un tren y el maquinista es de sumo interés, y basta para convencerse de ello recorrer el cuadro sinóptico de las causas que producen ó pueden producir accidentes en los caminos de hierro; porque allí encontrarémos varios casos en que podrian evitarse desgracias de consideracion, si existiese siempre un medio fácil y pronto de avisar al maquinista desde el último carruaje; bajo este punto de vista es pues recomendable el sistema de Mirand; pero si se considera lo restringido de su objeto, si se observa que los inconvenientes que evita en el actual sistema de locomocion no son sino una fraccion muy pequeña de los que hay que corregir, y no los mas graves ni frecuentes, se pregunta uno naturalmente si no seria dable obtener iguales resultados con otro sistema que sirviese para mayor número de casos. Por fortuna la respuesta es afirmativa, en nuestro concepto, y creemos por ello que el sistema de Mirand, aunque se aplicara inmediatamente con ventaja, no tardaria en abandonarse; porque no ha de ser eterna la prevencion con que se miran todos los sistemas de señales eléctricas para la seguridad en los caminos

de hierro, y los hay que entre la multitud de ventajas que proporcionan, cuentan la de establecer fácilmente una comunicacion entre los guardas que van en el último carruaje, y el maquinista que conduce el tren.

Sistemas de señales eléctricas no automáticas, trasmitidas por un guarda de la línea ú otro empleado á las estaciones, ó vice-versa. — Hemos descrito cuatro sistemas que corresponden á esta categoría : el de Steinheil, casi contemporáneo del de Cooke, es decir, uno de los primeros propuestos y planteados; el de Regnault, imaginado en 1847, que ha merecido se califique de lo mejor que se ha propuesto, por una comision de ingenieros, á cuya cabeza se hallaba Combes; el telégrafo portátil de Breguet, dado á conocer en 1848; y otros sistemas ingleses, ideados por Walker en 1854.

El sistema de Steinheil es ya, segun vimos en la descripcion hecha en el capítulo XIII, mucho mas completo que el de Cooke, pues no solo sirve para la correspondencia ordinaria, para avisar de una estacion á otra la salida y llegada del tren, sino que además se marcan en un aparato especial, colocado en la cabecera de seccion, los puntos por donde va pasando, el tiempo que tarda de unos á otros, el que se detiene en las estaciones, y hasta hace saber, dice el inventor, si un guarda ha estado ó no en su puesto al paso del tren.

No sabemos si este sistema se halla todavía planteado; lo que sí nos consta es, que debió estar en uso mas de un año, y que algunas de las objeciones que se le han hecho no son seguramente las que podrian haber decidido á que no continuara empleándose, como cree Du Moncel.

Hagámonos cargo de las principales: Moignó señala en primer lugar el inconveniente de la vigilancia extraordinaria que exigiria el gran número de interruptores interpuestos en el conductor; es verdad que señala inmediatamente el remedio, como era de esperar de su buen juicio y claridad de percepcion; tanto porque la solucion de la dificultad era

sencilla, como porque no podia ignorar que la telegrafía posee hoy medios de asegurarse á cada momento de que la corriente atraviesa el conductor de la línea, con la simple interposicion de una brújula galvanométrica al lado de cada interruptor, cuyo desarreglo se patentizaria inmediatamente, porque cada guarda no tiene que cuidar mas de uno; en todo caso seria sumamente fácil arreglarlo, y además, la poca complicacion de tales aparatos permite construirlos hoy con una perfeccion tal, que no es de temer se descompongan con frecuencia, á menos que se haga de intento.

Esta es precisamente la segunda objecion que hace Moignó al sistema de Steinheil, y Du Moncel la acoge tambièn como la mas grave. Hallándose los que cuidan el telégrafo, dicen, sometidos á una vigilancia severa cuando este marcha regularmente, su interés está en que no suceda así, y los empleados son por consiguiente los primeros en procurarlo. Y, preguntamos nosotros, ¿es este un defecto del sistema? ¿Puede nada resistir á la mala fe del hombre cuando no se le opone el freno del deber ó del interés? Si fueran admisibles argumentos como ese, nada podria existir en el mundo; el telegrafista romperia sus aparatos, para descansar mientras se compusieran, el maquinista echaria á perder una locomotora, para evitar las consecuencias de un descuido que le hubiera ocasionado un retraso. Convenimos en que la malicia existe y puede oponer obstáculos á una idea buena; pero hay medios de combatirla, el mismo Moignó los propone, y si por desgracia no los hubiera, seria preciso renunciar á viajar por un camino de hierro. Se dice en efecto que pueden ocurrir desgracias, porque el descuido voluntario ó accidental de un guarda le impide estar en su punto y proteger la marcha del tren; se desea y se busca el medio de cerciorarse si los empleados han faltado ó no á las órdenes que se les dan; se halla este medio, y el inconveniente que se le encuentra es que somete al empleado á una vigilancia muy severa, y tratará de eludirla; pero eso sucederá siempre, y si tal motivo basta-

ra para condenar un sistema, no habria ninguno admisible, porque ninguno hay que deje de tener por enemigos la malicia y el abandono, y ninguno cuyo objeto no sea suplir ó acusar el descuido de los empleados, causa principal de la mayor parte de los accidentes en los caminos de hierro; ya se ha visto que no habria tales accidentes si se observaran estrictamente los reglamentos.

Lo que sí hay de imperfecto en el sistema de Steinheil, lo que no puede menos de contribuir á su abandono (y eso no es culpa suya, porque él llenó el programa que se le presentó), es que solo sirve para dar seguridad ó señalar en las estaciones los trenes ordinarios, que son precisamente los que no lo necesitan ó lo necesitan menos. A un guarda de la línea se le puede exigir que á cierta hora fija se halle al pié del interruptor para señalar el paso del tren, y si este tarda, se esperará hasta que llegue, y lo señalará al fin; pero un tren extraordinario no tiene hora fija, y para que el guarda pudiera mover el manipulador en el momento mismo en que pasa, seria preciso que permaneciese en aquel sitio dia y noche, en cuyo caso tendria que abandonar su principal obligacion, que es cuidar de la línea.

Además, si los guardas no se hallasen en su puesto al pasar un tren ordinario, no por eso dejarian de saber que habia pasado, y verificarian la interrupcion algun tiempo despues, cuando lo supieran, con lo cual harian falsas las indicaciones del cronógrafo situado en la cabecera de la línea; y esto no es tan fácil de impedir como el inconveniente que señalan Moignó y Du Moncel.

Uno y otro mal son irremediables en todo sistema no automático que dependa de la voluntad del empleado, el cual puede faltar, no solo por descuido y mala fe, sino por hallarse cumpliendo con su obligacion en otro punto del trozo de línea encomendado á su vigilancia. Pero ya lo hemos dicho, este defecto del sistema de Steinheil no es culpa del autor, sino de los que le mandaron resolver el problema

de esa manera, pues él por su parte hizo cuanto era dable hacer.

Du Moncel señala otro inconveniente mas, con notoria injusticia, y á lo que parece, por no haberse enterado bien del sistema del físico aleman, ó haber olvidado cuando menos una de sus circunstancias mas notables é ingeniosas. Dice que los aparatos telegráficos en que el circúito se halla cerrado constantemente, y en que la señal proviene de una interrupcion, ocasionan gastos considerables y están sujetos á descomponerse por la oxidacion de los puntos de contacto de los interruptores. En primer lugar, el generador eléctrico de que se vale Steinheil lo constituyen las láminas terminales del conductor enterradas en las estaciones de cabecera; la corriente eléctrica que hace marchar sus aparatos es, por decirlo así, la mas económica que puede emplearse; una corriente telúrica, cuyo costo no arruinará seguramente á una empresa de camino de hierro. En cuanto á la oxidacion de los puntos de contacto, es sabido que no tiene lugar sino cuando se interrumpe el circúito por efecto de la chispa eléctrica; esta se producirá siempre, ya sea el circúito permanente, é interrumpido solo cuando se quiera hacer funcionar el aparato indicador, ya se adopte el medio de no establecerlo sino en ciertos momentos; de todos modos, habrá que interrumpirlo, y entonces es cuando se verifica el daño; la diferencia en uno y otro caso depende solo del mayor gasto de la pila en el primero; pero no tiene lugar en el caso de Steinheil, porque, como hemos visto, emplea un generador eléctrico muy económico y el menos expuesto á originar los efectos que teme el crítico francés.

Nuestra opinion es que el sistema de Steinheil vale mas de lo que se ha querido suponer; pero es incompleto, como todos los de su especie, y por eso no está llamado á reemplazar el que se emplea generalmente en las líneas de caminos de hierro, ó mejor dicho, á secundarlo; porque no deben, en nuestro concepto, confundirse las dos necesidades de una via férrea: la de proporcionar seguridad á los trenes que van

en marcha, y la de tener medios de comunicacion de una estacion á otra para hacer de una extensa línea una vasta oficina, en que los empleados se hallen á cien leguas, bajo las órdenes inmediatas de los jefes, sea cualquiera el punto en que estos se encuentren.

Mucho nos hemos detenido con el sistema de Steinheil, y pasarémos ahora á examinar el de Regnault, juzgado con igual severidad por Du Moncel, y tal vez con demasiada benevolencia y precipitacion por Combes y demás miembros de la comision nombrada para examinarlo por la Sociedad de Fomento de Francia (*Société d'Encouragement*).

El sistema de Regnault, adoptado en la línea del Mediodía de Francia, no es, como ha podido verse en el capítulo XI, una mejora del sistema ordinario, ni podrá nunca reemplazarlo; es cuando mas un auxiliar que llenará algunos vacíos que presenta aquel, pero solo algunos; su objeto no puede ser mas limitado, y siendo los gastos de instalacion bastante crecidos, creemos no se extenderá á muchas mas líneas de las que hoy se valen de él, á menos que las compañías de caminos de hierro, cerrando los oídos á la razon, continúen en su sistema de no adoptar mas ideas que las ya sancionadas por la rutina, por mas que sea evidente su insuficiencia y la posibilidad de sustituirlas con otras mas completas, no menos seguras, y mas baratas si se atiende á sus efectos.

Hemos descrito extensamente el sistema de Regnault, y es inútil por lo mismo hacer indicacion alguna acerca del principio en que se funda y de su modo de obrar; solo recordarémos su objeto para demostrar cuán poco eficaz debe ser, por lo incompleto de la idea.

Lo primero que se propone Regnault es avisar desde una estacion á otra la salida de los trenes de una manera sencilla, con aparatos fáciles de maniobrar, y haciendo sobre todo que la señal sea permanente hasta la llegada del tren á la estacion; de modo que ni el mismo que ha dado el aviso puede hacer desaparecer la señal, lo cual tiene que hacer el em-

pleado de la estacion adonde se dirige el tren, y lo ejecuta cuando llega este.

Ha querido además que si al tren le ocurre algun percance entre dos estaciones, el jefe de él no tenga que andar sino 2 kilómetros cuando mas para pedir auxilio á la estacion ó depósito de donde debe recibirlo.

No se puede negar que Regnault ha conseguido perfectamente sus dos objetos, y nada hay que decir en cuanto á la regularidad con que deben marchar sus aparatos y á la sencillez de la maniobra; pero ¿sucede lo mismo con la complicacion y carestía del sistema en cuanto al efecto que se produce? ¿Cuál es este en realidad? El mismo que se obtiene con el telégrafo ordinario, y con el portátil de Breguet, que luego examinarémos.

Este último es preferible para pedir auxilio en el intervalo de dos estaciones, y si el de Regnault tiene respecto al sistema ordinario la ventaja de que la señal sea permanente, ¿compensará esta diferencia los gastos de instalacion, que no son despreciables? Estamos convencidos de que con el telégrafo ordinario puede avisarse con la misma prontitud que con el de Regnault la salida del tren de una estacion; y ¿es creible que avisada la salida del tren en aquella direccion permitieran los jefes que saliera otro á encontrarse con él? Se nos contestará que así sucede algunas veces; pero entonces será indudablemente por falta de los empleados, y podrán cometerlas tambien con el nuevo sistema, puesto que en uno y otro caso el aviso que aparece en el receptor del telégrafo tiene que trasmitirse al maquinista, ya por órden verbal, ya por medio de otra señal mas visible á distancia; y si esto es así, ¿para qué hacer aparecer una señal permanente en un receptor especial? ¿Se teme que se olvide ó no se advierta un anuncio como el de la salida de un tren de una estacion para otra?

Es inútil insistir en el exámen de este sistema y presentar objeciones acerca de su carestía, del gran número de alambres y aparatos especiales que necesita, de la circunstancia

de emplear corrientes permanentes que ocasionen un gasto mayor en las pilas ; porque todos estos serian inconvenientes secundarios. Su verdadera imperfeccion consiste en ser completamente inútil, puesto que no hace mas que avisar la salida y la llegada de los trenes, como lo verifica hoy el telégrafo ordinario, que tiene la ventaja de servir para otras muchas cosas. En los intervalos de una estacion á otra tampoco protege la marcha de los trenes; estos quedan expuestos á los peligros indicados en el cuadro sinóptico, cuando vayan en la misma ó en diferente direccion; y aun cuando se suponga que este último caso no sea posible, tiene que serlo el primero si es una línea de algun tráfico, en cuyo caso, ya lo hemos dicho, se necesitan tantos pares de alambres como trenes puedan recorrer el intervalo al mismo tiempo. Lo único que se consigue es reducir á 2 kilómetros la distancia que ha de recorrer un hombre para pedir auxilio despues de ocurrido un accidente; y para eso necesita un alambre y varios aparatos especiales, cuando con el telégrafo portátil de Breguet puede hacerse lo mismo desde el sitio de la ocurrencia, sin emplear mas conductor que el mismo de la línea.

Ya dijimos, al describir el sistema de Regnault, que su autor era jefe de traccion del camino de hierro de Saint Germain, y encargado de los aparatos telegráficos; solo á esta circunstancia podemos atribuir la favorable acogida que ha tenido su idea en las líneas de Saint Germain y del Mediodía de Francia.

Deberiamos hablar en este momento del *telégrafo portátil de Breguet*, imaginado en 1848; pero nada nos queda que añadir á lo que hemos dicho, ya en la descripcion que de él hicimos en el capítulo xi, ya al tratar de otros sistemas, donde lo hemos mencionado como un aparato extraordinariamente útil, que si no está en uso en todas las líneas férreas, se debe solo á la oposicion sistemática con que se reciben las invenciones de esta especie; pero su porvenir es inmenso, no como un sistema de seguridad, porque no es ese su objeto, ni puede

serlo; pero sí como complemento de cualquier sistema de señales automáticas, y sobre todo, como un auxiliar poderoso para el servicio de los caminos de hierro.

El sistema ideado por Walker en 1854 se reduce á establecer una comunicacion entre los empleados de la línea ó del tren y con las estaciones; en una palabra, es la segunda parte del sistema de Regnault, ó mas bien el telégrafo portátil de Breguet, simplificado en cuanto al instrumento, pero infinitamente mas complicado, por la manera de hacer las trasmisiones, pues se necesitan dos alambres conductores y dos pilas voltáicas.

Sistemas de señales eléctricas trasmitidas automáticamente á las estaciones por medio de aparatos fijos en la via, puestos en accion por los trenes mismos al pasar sobre ellos.—No nos damos bien cuenta del primero de los sistemas que colocamos en este grupo, el del ingeniero belga Mauss, ni estamos bien seguros de que se halla en su lugar. Su objeto, como puede verse en las pocas líneas que hemos podido dedicarle en el capítulo XIII, es hacer saber exactamente el tiempo que tardan los trenes de una estacion á otra, esto al pasar por delante de cada una de ellas y sin detencion ninguna, segun parece deducirse de la manera como está redactada la noticia que inserta Du Moncel en sus *Aplicaciones de la Electricidad*. Si en efecto es así, si la indicacion se hace no en los trenes, sino en las estaciones, no cabe duda entonces que el mérito de haber sido el primero en proponer una señal electro-automática en los caminos de hierro corresponde al ingeniero belga, cuya idea se mencionó en la Academia de Ciencias de Paris el 11 de agosto de 1845.

Mucho perderia en importancia el sistema propuesto por Breguet en 1847, si fueran exactas las suposiciones que acabamos de hacer acerca del sistema de Mauss, porque como indicamos al darlo á conocer en el capítulo XI, no es mas que una modificacion del de Steinheil, en que las interrupciones

las hace por sí mismo el tren al pasar por ciertos puntos de la via, en vez de tenerlas que ejecutar á mano cada uno de los guardas.

La idea de hacer automáticamente la señal que habia de marcar en el cronógrafo de la estacion el paso de los trenes por ciertos puntos, resolvia la mayor parte de los inconvenientes que se habian encontrado en el sistema de Steinheil, y Breguet mereció que se le considerara como uno de los que mas han contribuido á enriquecer el catálogo de esta clase de invenciones; pero de ninguna manera puede mirarse su sistema como orígen de la mayor parte de los que se han propuesto despues, segun dice Du Moncel; porque el de Steinheil le arrebataria justamente aquella gloria, aunque Mauss no le privara de la de ser el primero en valerse de señales automáticas para indicar la marcha de los trenes en las estaciones. Y no bastaria alegar que Breguet careció del conocimiento de la idea de Mauss, porque igual derecho tendrian cuantos han venido despues para pretender que ignoraban el de Breguet, lo cual en la mayor parte de los casos es exacto, porque si la electricidad es una ciencia que apenas se conoce entre la generalidad mas que por el nombre, la historia de sus aplicaciones ha permanecido totalmente ignorada hasta que Du Moncel publicó la primera edicion de su interesante obra en 1853.

Despues del sistema de Breguet, cuyo objeto, repetimos, es solo señalar en las estaciones el paso de los trenes por ciertos puntos de la via, viene por órden cronológico, entre los que corresponden á este grupo, el de David Lloyd Price, que obtuvo un privilegio en Inglaterra el 4 de febrero de 1853; privilegio que abandonó inmediatamente, porque supo sin duda que era anterior al suyo el de Eduardo Tyer, que examinarémos mas adelante, y que es sin disputa mucho mas completo. El sistema de Price se reduce, en efecto, á cerrar un circúito eléctrico por medio de un interruptor conjuntivo, poco antes de llegar á las estaciones, con lo cual

hace sonar en estas un aparato de alarma que avisa su llegada. Price quiere asimismo establecer una comunicacion eléctrica entre los pasajeros, los guardas del tren y el maquinista; pero este problema lo habian propuesto ya tambien antes que él Breguet, Herman y Fuchs.

Con tan poca oportunidad, y con menos probabilidades aun de buen éxito, presentó su sistema en Francia M. Bordon el 26 de noviembre de 1853. En él se indicaba la idea de avisar no solo á las estaciones, sino á los guarda-agujas.

El 13 de diciembre de 1853 tomó su privilegio Bartolomé Bianchi, y á pesar de haberlo ampliado en julio de 1854, no hay en él nada que no se encuentre en el de Regnault ya descrito, y en el de Tyer ó Maigrot, que examinarémos mas adelante; todos son muy anteriores al suyo, y nos parece por lo tanto inútil repetir aquí el juicio que hayamos de emitir para los que le preceden.

Á fines de 1855 ha propuesto M. Bellemare su sistema; patrocinado por el mariscal Waillant, ministro de la Guerra en Francia, ha conseguido ocupar la atencion de la Academia de Ciencias en algunas sesiones, en que se ha dado cuenta de su idea y de sus ensayos. En el sistema de Bellemare, uno de los mas modernos que tenemos que examinar, no hay de nuevo mas que el *interruptor*, que él llama *kilométrico*, y que como se ve, no es otra cosa que un accesorio de los sistemas que tienen por objeto cerrar un circúito eléctrico en ciertos puntos de la via. La celebridad que ha conseguido adquirir esta invencion, los exagerados elogios que se le han prodigado en algunos periódicos y aun en el seno mismo de la Academia de Ciencias, nos deciden á hacer algunas observaciones acerca de sus ventajas, sin lo cual, confesamos que la habriamos considerado como un simple detalle, que cuando mas mereceria una mencion en la historia de las aplicaciones de la electricidad.

En primer lugar, la manera de obrar del interruptor kilométrico, por mas que se diga lo contrario, es menos venta-

josa que la que han propuesto otros inventores; porque si bien la interrupcion de las dos superficies metálicas que han de abrir y cerrar el circúito oportunamente se halla encerrada en una caja, y libre por lo tanto de las influencias atmosféricas, la manera violenta con que la locomotora establece el contacto no puede menos de destruir muy pronto el mecanismo, semejante al de los balancines con que se acuñaba la moneda antes de que se conocieran las máquinas de Thonnelier.

Dice además *El Cosmos*, periódico muy autorizado, que si un tren se ve forzado por una circunstancia cualquiera á marchar hácia atrás algunos momentos, no puede producir una interrupcion de la corriente, y por consiguiente no hace una falsa indicacion en el aparato fijo en las estaciones donde marca su paso; pero esta ventaja es ilusoria, y subsiste el inconveniente que tienen todos los sistemas en que se marca el paso de los trenes en las estaciones por interruptores colocados de distancia en distancia; porque la locomotora, al pasar de nuevo hácia adelante por el interruptor, cerrará dos veces el circúito en aquel punto, y la aguja del receptor en las estaciones correrá una division mas, como si el tren hubiera pasado por el interruptor siguiente; se tendrá pues una idea falsa de la posicion del tren; la única diferencia entre este y los que han propuesto otros consiste en que los últimos establecen el circúito al retroceder y al volver adelante, de suerte que el error es doble; pero la indicacion es tan falsa en el de Bellemare como en los demás.

Pudiéramos hacer algunas objeciones mas, pero nos parece inútil, porque la citada basta para condenar todos los sistemas de este grupo, aun cuando proporcionaran la seguridad que es de desear en los casos de marcha regular, que ciertamente no la proporcionan.

Sistemas de señales eléctricas automáticas que producen los trenes en los discos y otros aparatos fijos en la via, y que pue-

de percibir al paso el maquinista ó conductor del tren. — La primera idea de aplicar la electricidad para dejar en un punto del camino una señal fija que haga conocer á un tren en marcha si se halla ó no libre la via delante de él, la hemos encontrado en el privilegio tomado por J. G. Wilson en 29 de octubre de 1852; privilegio caducado por falta de recursos ó por algun descuido tal vez, pues no ha llegado á nuestra noticia que se hubiese tomado antes que el suyo privilegio ninguno fundado en un principio análogo. Sabemos que el sistema de Wilson consiste en que al pasar el tren se pone en movimiento, en un aparato fijo al lado de la via, una rueda con una aguja indicadora, que tarda en hacer una revolucion completa el tiempo que debe mediar entre el paso de dos trenes para que no se alcancen el uno al otro, y se detiene al terminarla. Ahora bien, si un maquinista se encuentra al llegar al aparato con que la aguja no ha terminado aun su revolucion, deduce que el tren que le precede está demasiado cercano y que habria peligro en continuar la marcha; se detiene pues, y no sigue adelante hasta que la aguja se para, es decir, cuando ha trascurrido el tiempo mínimo que debe mediar entre la salida de uno y otro.

Aunque ofrece mas garantías de seguridad que todos los que le preceden en este exámen, el sistema de Wilson tiene varios inconvenientes, que han debido oponerse y se opondrán á su adopcion. Es el primero el de separar los trenes por un intervalo de tiempo, y no de distancia; circunstancia que le da un carácter de incertidumbre muy perjudicial. La diferencia en la velocidad de la marcha de dos carruajes puede ser tal, y tantos los accidentes que pueden ocasionar la detencion del primer tren, despues de pasar por un aparato de señales, que continuamente estarian expuestos á chocarse los trenes, á pesar de haber verificado la aguja del aparato su revolucion completa.

Como el hallarse esta fija es lo que indica al maquinista que la via se halla libre, pudiera muy bien suceder que la

aguja no se hubiese movido por descomposicion del aparato, y tomar por motivo de confianza lo que aumentaria mas bien el peligro.

Tampoco parece fácil que los empleados perciban bien la aguja cuando marche el tren á toda velocidad; pero esto no seria difícil de remediar.

Pocos dias despues de Wilson, casi simultáneamente, tomó otro privilegio un compatriota suyo, J. S. Crowley. Su sistema consiste en establecer interruptores disyuntivos en la via, frente á los discos, de modo que el paso del tren determina por medio de un electro-iman la aparicion de una señal de peligro, que subsiste allí hasta que el mismo tren establece de nuevo el circúito. No dice el inventor cuándo ni de qué manera; así es que no se puede juzgar del mérito de la invencion, que aunque de la misma naturaleza que la de Wilson, difiere bastante en sus efectos: que este sistema debia ser mas eficaz, lo han hecho ver posteriormente Fragneau y Dumoulin.

El primero, M. Fragneau, empleado superior en la estacion de Burdeos, del camino de hierro del Mediodía, obtuvo privilegio por su idea el 28 de octubre de 1853. Su procedimiento es enteramente igual al de Crowley, y está mas especificado, aunque no tanto como el de M. Dumoulin, de quien pasarémos á hablar inmediatamente; pero no sin haber dicho antes que la interrupcion de la corriente produce el movimiento del disco en la forma que lo verifican hoy á mano los empleados, por medio de una palanca de contrapeso, que comunica con el disco por una cadena ó un alambre fuerte.

Si el mérito de haber sido el primero que ha tratado de aplicar la idea fundamental de los sistemas de este grupo no le corresponde á Fragneau, porque la tuvo antes Crowley, menos aun puede atribuirse á M. Dumoulin, que no la ha puesto en ejecucion hasta el año de 1856; sin embargo, lo tiene, y muy grande, el haber perfeccionado los medios de rea-

lizar la idea, ó mejor dicho, haber imaginado nuevos aparatos, cuya sencillez y eficacia son admirables. Hemos descrito ya el sistema en el capítulo XIII, y nada nos queda que decir acerca de él: bueno, perfecto casi entre los de su especie, creemos que no sea fácil mejorarlo mucho mas, y si no llega á ser de uso general, con el tiempo, en todos los caminos de hierro, será porque se haya adoptado otro sistema mas completo, es decir, que abrace mayor número de casos en que pueda salvar á los trenes de un peligro. El sistema Dumoulin ha estado á punto de plantearse en el camino de hierro del Oeste, y seguramente habria tenido el éxito que merece, y hemos presenciado en los ensayos particulares que repetia frecuentemente su inventor, si no hubieran venido á oponerse algunos motivos de los que ya hemos condenado con mas generalidad en otro lugar de esta obra.

Posteriormente, como que hace apenas quince dias, ha presentado su sistema M. Marqfoy, que en nuestro concepto difiere muy poco del de Dumoulin; este, sin embargo, nos parece mas ingenioso y tal vez mas eficaz, á juzgar por la ligera idea que nos ha dado *El Cosmos* del primero; porque la pretendida seguridad que le da la intervencion necesaria de un empleado en la operacion, no solo es ilusoria, pues todo depende e que el empleado se halle ó no en su puesto, lo cual es difícil al paso de los trenes especiales, sino que exige un aumento considerable de personal, no pudiendo valerse de los guardas mismos de la línea; y no es posible valerse porque tendrian que descuidar el servicio de los discos ó el reconocimiento de la via. Marqfoy ha aplicado su sistema á algunos casos mas que Dumoulin.

Sistemas de señales eléctricas para comunicar los trenes con las estaciones, y vice-versa, que se reciben y producen automáticamente al pasar los trenes por ciertos puntos de la via. — Este es uno de los problemas que mas han llamado la atencion de los inventores, y como sucede no pocas veces, el pri-

mero que se lo propuso tiene además el mérito de haber sido el que lo ha presentado de una manera mas realizable.

Mr. Edward Tyer tomó su primera patente en Inglaterra el 22 de enero de 1852, y en el extracto que de ella hace un periódico semioficial se ve claramente, aunque sin los pormenores que ha dado despues, no solo la idea de trasmitir una señal á las estaciones, como lo habian hecho ya Mauss y Breguet, sino la de que el tren recibiese al mismo tiempo una órden ó aviso; idea enteramente nueva, que fué el primero en concebir y en ejecutar; porque es uno de los pocos sistemas que se han ensayado en grande escala.

Los ensayos repetidos varias veces y en diferentes puntos han producido siempre muy buenos resultados, segun los periódicos en que se ha dado cuenta de ellos; pero aun cuando confiamos en el principio en que está fundado el sistema, porque no puede dudarse de la posibilidad de que se produzca una señal cualquiera cuando se cierra un circúito eléctrico, no tenemos igual confianza en que los resultados hayan parecido satisfactorios á las personas competentes llamadas á juzgar de ellos, sobre todo en Lóndres, donde aseguraba el *Ainsworth's Magazine* que se habia estado ensayando ocho meses consecutivos en el camino de hierro del South-Eastern. Si los ensayos de este sistema hubiesen tenido tan buen éxito, no es probable que hubiesen dejado de adoptarlo en el camino, y así ha debido creerlo la compañía formada en Paris para explotar la idea, cuando hizo anunciar en los periódicos que el sistema se hallaba establecido en Inglaterra en el South-Eastern-Railway (1); hecho completamente falso, segun hemos podido verificarlo por nosotros mismos.

Ahora bien, si el programa que se habia propuesto el autor para sus ensayos se habia llenado perfectamente en el

(1) Despues de entregado este trabajo en el ministerio de Fomento, hemos sabido por los periódicos ingleses que el sistema de Tyer se hallaba establecido en el North-Kent Railway cuando ocurrió el accidente del mes de julio de 1857.

ferro-carril del South-Eastern, en el de Saint Germain y en el del Este, segun lo decian los periódicos, ¿no era de suponer que una de dichas compañías lo hubiese adoptado si lo hubiese encontrado eficaz? Y si para rechazarlo no habia mas razon que esa repugnancia general que tienen las compañías de caminos de hierro á las ideas nuevas, repugnancia que por otra parte hubiera tenido elementos para vencer una empresa como la de Tyer, que contaba con seis millones de reales; si solo hubiese existido esa razon, decimos, ¿no era natural que la hubiesen combatido con armas menos sospechosas que la de anunciar falsamente que el sistema se hallaba planteado en el South-Eastern-Railway hacia tres años? Confesamos que este hecho nos ha prevenido en contra del sistema, y no pudiendo dudar del principio en que se funda, nos confirmamos en la idea que concebimos desde el primer momento, y es, que el sistema de Tyer no es completo, que sus ventajas no compensan los gastos de instalacion y el trabajo de una organizacion especial como la que se necesitaria para él; véanse, si no, los documentos publicados por la compañía de Señales Eléctricas, y entre otros, el programa de los experimentos que debian hacerse en los dias 18, 19, 20 y 21 de marzo de 1856.

Segun los referidos documentos, el sistema de Tyer, que ha cambiado de forma varias veces ya, hasta el punto de que en nada se parecen los ensayos hechos en el South-Eastern y los del camino del Este, no es automático sino para una parte muy reducida, la de producir una señal en la estacion al pasar por los interruptores de la via; pero las que se reciben en el tren, indicándole si la via está libre ó si se corre peligro, aunque hay en ellas hoy algo de automático, como es el movimiento del disco, el silbido del pito y hasta el cierre del regulador, depende el que se produzcan las señales de la voluntad ó cuidado de los empleados que es indispensable haya en las estaciones; la cuestion de seguridad está principalmente en que las señales son positivas, y no negativas; es

decir, que el maquinista ha de recibir precisamente la órden de que puede marchar, sin lo cual debe parar su tren y esperarla.

Y nosotros preguntamos ahora: ¿Dónde espera esa señal? ¿Cómo la recibe, si los interruptores son unas barras de 6 metros nada mas, colocadas de kilómetro en kilómetro? ¿Tendrá que hacer retroceder el tren hasta ponerlo exactamente sobre dicho interruptor? No nos parece en verdad la maniobra ni muy fácil ni expedita, sobre todo de noche.

Hay otra objecion grave, y es, que en las líneas de mucho tráfico, donde se siguen los trenes con espacios de tiempo muy cortos, tienen que multiplicarse las estaciones de señales intermedias entre dos principales, y hay que poner en cada una de ellas los empleados necesarios; porque la base del sistema de Tyer consiste en que un tren no entre en una seccion mientras haya otro, y la indicacion que se recibe en los trenes ha de ser trasmitida precisamente por un empleado desde las estaciones de señales. Es pues en nuestro concepto el sistema de Tyer tan costoso como poco eficaz.

Tiene otras dos partes recientemente añadidas, pero no hay en ellas nada nuevo; no son en realidad sino modificaciones de otras ideas puestas en práctica antes que las suyas. La primera es la que tiene por objeto hacer señales de estacion á estacion, y la segunda la que sirve para pedir auxilio á los depósitos cuando ha ocurrido un accidente y el tren se halla detenido en la via: una y otra son muy semejantes á las que constituyen el sistema de Regnault, ya examinado, y muy anterior al de Tyer.

Al dar cuenta del sistema de Maigrot en el capítulo XIII, dijimos que era una modificacion muy perfeccionada del de Breguet, y que por él podia saberse en las estaciones, con un solo aparato, la direccion que llevan los trenes; de lo cual se deduce, aunque no se expresa, que debe haber dos séries de interruptores, cada una de las cuales sirve solo para una direccion del tren, ó que el problema se refiere á los cami-

nos de dos vias. Sea una ú otra cosa, la indicacion que hacen dos agujas de distinto color, y que giran una á la derecha y otra á la izquierda en una muestra, es la que sirve, no solo para conocer la direccion en que marchan los trenes, sino el punto de la via en que se encuentran; pero para esto último seria preciso, por las razones que expusimos al examinar el interruptor de Bellemare, que un empleado llevara nota de la indicacion de las dos agujas, y fuera sumando los pasos de una y restando de esta suma los de la otra; sin lo cual no podria saberse si el circúito se habia cerrado dos veces en el mismo interruptor, produciendo dos pasos de la aguja cuando en realidad no hubiera debido dar mas que uno por la distancia recorrida. Sin esta precaucion, ó en el caso de que las dos agujas del aparato de Maigrot correspondan á dos vias diferentes, é indiquen, por consiguiente, la marcha de un tren distinto cada una; en ese caso, decimos, no hay medio de conocer si la locomotora ha retrocedido alguna vez, y habria inexactitud en lo que marcara la aguja.

Otro inconveniente muy grave del sistema de Maigrot y de todos los de su especie, procede de que no pueden seguirse dos trenes por el mismo intervalo de dos estaciones sin que ambas hagan marchar la misma aguja, y por consiguiente no es posible conocer lo que avanza cada uno; el indicador marcaria, y no siempre con exactitud, la suma de las distancias recorridas por ambos trenes, de suerte que podrian llegar á encontrarse el uno al otro, y destruirse mútuamente, sin que en las estaciones se llegase á sospechar que se aproximaban demasiado; por esa razon en el sistema de Tyer, mas antiguo y mas perfecto, á pesar de sus inconvenientes, la primera condicion que se establece es la de que no haya dos trenes en la misma via, en el intervalo que separa dos estaciones; y solo así puede trasmitirse un aviso de la estacion al tren.

Ni el sistema de Farrington, privilegiado en Inglaterra el 24 de diciembre de 1853, ni el de Verité, propuesto en Paris en

enero de 1854, merecen que nos detengamos á examinarlos; porque el primero es mucho mas incompleto que la mayor parte de los de su especie que le han precedido; y el de Verité no es sino una copia imperfecta del de Maigrot, sin que sea esto decir que se haya hecho á sabiendas.

El sistema de Erckman, abandonado por su autor en vista de otros mas completos que se habian propuesto con anterioridad, solo difiere de los que tienen por objeto cerrar un circúito entre las estaciones y los trenes, en la disposicion que ha dado á los interruptores, como puede verse en la descripcion abreviada que de él hicimos en el capítulo XIII.

Sistemas de señales eléctricas automáticas entre dos trenes que recorren la misma via al pasar por ciertos puntos de ella. — Dos invenciones de esta especie son las únicas que tenemos que examinar, debida la primera al abate Magnat, y la segunda al vizconde Du Moncel. Seria la de Magnat indudablemente una de las que mas se han aproximado á la verdadera solucion del problema de proporcionar seguridad á los caminos de hierro, y ocuparia un lugar importante en la historia de esta clase de aplicaciones de la electricidad, si no hubiera venido despues de otras que en nuestro concepto resuelven mejor la cuestion.

Al dar cuenta Du Moncel, en su *Tratado de aplicaciones de la electricidad*, de este sistema, no le hace seguramente la justicia que merece, pues se contenta con tomar solo en cuenta la accion electro-mecánica que se produce automáticamente para cerrar el regulador de la locomotora; efecto que si bien ha sido imaginado antes que el que propone Achard para sus frenos, no es en realidad tan bueno; pero no es eso lo que constituye el sistema del abate Magnat, sino la disposicion de sus interruptores, con la cual se produce un efecto análogo al que obtiene el mismo Du Moncel, segun lo describe en el privilegio tomado en abril de 1854, advirtiendo que el de Magnat es del 14 de febrero del mismo año, y aun-

que Du Moncel habia ya publicado algunas ideas sobre la aplicacion de la electricidad á los caminos de hierro, su sistema no tenia entonces la forma que le ha dado despues, y que le haria disputar á Magnat la idea de haber relacionado entre sí dos trenes en marcha, si no lo hubiéramos hecho nosotros mucho antes que los dos en octubre de 1853.

Quede pues sentado que la idea de poner en relacion eléctrica dos trenes en marcha la tuvo Magnat antes que Du Moncel, pero despues que nosotros; y como por una parte le falta esa novedad, y por otra el sistema en general es menos completo, aunque semejante al de Du Moncel, nos referirémos á este para discutir las ventajas é inconvenientes que haya en establecer dicha comunicacion solo cuando pasan los trenes por ciertos parajes de la línea, segun lo hace Du Moncel, ó en cualquier punto de ella, cuando se aproximan á una distancia peligrosa, que es lo que nos propusimos y hemos conseguido con nuestro sistema.

Al hacernos cargo del imaginado por el vizconde Du Moncel, tenemos que hacerlo con algun detenimiento, por varias razones.

Siendo, como es, el vizconde Du Moncel uno de los hombres mas entendidos en electricidad, dedicado á este estudio hace muchos años, dotado de gran talento y de una penetracion poco comun, y poseyendo además los medios de hacer experimentalmente sus estudios, y de recoger y examinar cuantos datos pudiera necesitar, era natural que su sistema no fuese uno de esos partos absurdos de una imaginacion extraviada, ó una idea vulgar sabida de todos, y que solo una ignorancia completa de lo que pasa en el mundo científico é industrial puede hacer adoptar como propia.

El sistema de Du Moncel es, en efecto, uno de los mas acabados, el mejor tal vez de cuantos se han propuesto, y el único que nos haria vacilar acerca de la superioridad del nuestro, si el principio en que está fundado no lo hiciera incompleto y de naturaleza tal, que todo el ingenio de su autor no

bastara á completarlo; lo que ha hecho ya en él, es verdaderamente lo que sus compatriotas llaman un *tour de force;* pero ya lo hemos dicho, todo se estrella en el principio que le sirve de base, ó lo que es lo mismo, en el inconveniente de no poder cerrar el circúito sino por medio de interruptores fijos en ciertos puntos de la via. Antes de demostrarlo, dirémos algunas palabras sobre la cuestion de prioridad.

Dice Du Moncel que el primero que combinó un sistema telegráfico para la seguridad de los caminos de hierro fué Cooke, el asociado de Wheatstone, y nada, en efecto, es mas cierto, á pesar de lo que pretende Wheatstone, si como se debe, solo se toman en cuenta documentos para fijar estas cuestiones.

El primero, continua Du Moncel, que ha inventado los contadores eléctricos automáticos, ha sido Breguet; y no dejamos de convenir en ello, no sabiendo, como no sabemos, los pormenores de la idea del ingeniero Mauss; pero seria injusto no añadir que la idea de Breguet debió ser inspirada por la de Steinheil, cuyo sistema es idéntico, solo que el hombre hacia en él lo que hacen los trenes mismos en el de Breguet. Podria hacerse un paralelo entre el mérito respectivo de los trabajos de Steinheil y de Breguet, recordando la máquina de vapor cuando el cilindro tenia una llave manejada por un hombre para dar salida al vapor de debajo del émbolo, ó para introducir el agua fria que habia de hacer la condensacion; el mérito del que hubiera hecho que la llave se abriera y se cerrara por la accion del mismo piston, ¿bastaria, por grande que fuese, á oscurecer el del inventor del cilindro y de la llave movida á mano? Pues no es otra la diferencia que existe entre la parte principal de los sistemas de Breguet y de Steinheil.

Convenimos tambien en que el primero que estableció una relacion eléctrica entre las estaciones y los trenes en marcha fué Mr. Tyer; pero de ninguna manera aceptamos la suposicion de que el sistema de Du Moncel sea el primero posible

en la práctica para la comunicacion automática entre dos trenes en marcha.

Sin detenernos ahora á probar que ese derecho nos corresponde, como lo harémos oportunamente al examinar los juicios emitidos sobre nuestro sistema, dirémos solo, para destruir la pretension de Du Moncel, que el mismo Magnat, posterior á nosotros, es anterior á él, y que por incompleta que sea su idea, tiene el carácter de prioridad reclamado por Du Moncel para sí, á saber: el de establecer una relacion eléctrica entre dos trenes que van marchando por la misma via y se aproximan demasiado. El privilegio de Magnat es del 14 de febrero de 1854, y el de Du Moncel no data sino del 29 de abril del mismo año.

En el capítulo XIII, al hacernos cargo de esta misma cuestion, dimos las razones que creiamos tener para sospechar que si Du Moncel habia ya publicado en mayo de 1853 algunas ideas propias sobre la aplicacion de la electricidad á los caminos de hierro, dichas ideas debian diferir poco de las emitidas por Breguet y otros, y de las cuales se hacia cargo el mismo Du Moncel en la primera edicion de su obra ya citada. Nos lamentábamos entonces de no haber podido conseguir el *Diario de Valognes*, en que publicó dichas ideas; pero hoy, gracias á la amabilidad del mismo Du Moncel, lo tenemos á la vista; y tanto por lo que en él dice, como por lo que añade en su carta, podemos ratificar lo que ya tenemos sentado, y es, que sin disminuir en nada el mérito de sus trabajos y la gloria que por ellos le cabe, no le corresponde la de haber sido el primero en proponer los medios de comunicar entre sí eléctricamente dos trenes en marcha por la misma via cuando llegan á una distancía peligrosa (1).

Cuando escribió su artículo, en 20 de mayo de 1853, dice él mismo al remitirnos la copia, no habia imaginado aun el sistema de señales eléctricas hechas por los trenes entre sí,

(1) Véase el apéndice núm. 3.

sino que hacia obrar los contadores de las estaciones sobre unos grandes discos eléctricos como los que se usan actualmente á la entrada de las estaciones, y cuyos detalles ha publicado en el *Monitor Industrial* del 15 de enero de 1854. Los inconvenientes de dicha trasmision, añade, le hicieron buscar los medios de hacerla directamente á los trenes, segun consta en su privilegio de 29 de abril, con la advertencia de que era el complemento de su primitivo sistema, en el cual es cierto se le habia anticipado Mr. Tyer, si bien asegura que no tuvo conocimiento de ello al hacerlo. *En 20 de mayo de 1853, por consiguiente* (añade con hidalga veracidad, propia del hombre distinguido que cuenta ya con títulos sobrados para asegurar su renombre), *mi sistema no consistia sino en indicar en unos contadores eléctricos el paso de los trenes por ciertos parajes, y hacer que las agujas de estos trasmitieran su efecto á los discos que colocaba en diferentes puntos de la via.*

Esta es la verdad de los hechos; vamos á examinar ahora cada una de las cuatro partes principales que constituyen el sistema, tal como lo ha publicado en la última edicion de su obra, y por el que obtuvo privilegio en abril de 1854.

Tiene por objeto la primera establecer entre las estaciones y los trenes en movimiento una relacion telegráfica, que permita señalar á los segundos los obstáculos que estén interpuestos en la via, y por medio de la cual además, si es necesario, las estaciones dén órdenes á los conductores de los trenes, y puedan estos pedir socorro en caso de accidente. Este es exactamente el problema que habia resuelto ya en la primera parte de su sistema Mr. Tyer, y apenas difieren el uno del otro en algunos detalles de aplicacion, como la forma y disposicion de los interruptores, la manera de hacer la señal, que es en el de Tyer una aguja que señala en una muestra las palabras *via libre* ó *tren*, y en el de Du Moncel un disco rojo y otro blanco, que se presentan oportunamente en una abertura circular. Ambos sistemas tienen mas analogía de la que aparece á primera vista, pues ambos consisten

en hacer inclinar á derecha ó izquierda una barra imantada segun el sentido en que se dirija la corriente.

Tambien habia resuelto Tyer antes que Du Moncel la segunda parte del problema, que es hacer que el tren dé una respuesta automática al que le ha trasmitido la señal, para que este sepa que se ha recibido y que la línea se halla por consiguiente en buen estado, pero para esto es menester que el empleado permanezca al lado del aparato.

En lo que difieren el sistema de Tyer y el de Du Moncel es en que el primero no permite que circulen dos trenes al mismo tiempo por el intervalo comprendido entre dos estaciones, y el segundo lo cree posible, sin aumentar el número de alambres ni de interruptores, con solo variar la forma del aparato indicador de las estaciones, y hacer que las pilas portátiles que llevan los trenes trasmitan la corriente en sentido inverso segun sean pares ó impares, por cuyo medio, dice, cada tren no hará mover mas que la aguja correspondiente del aparato indicador.

A la objecion hecha acerca de la posibilidad de que el aparato deje de funcionar por hallarse los dos trenes sobre un interruptor cada uno, y circulando por consiguiente en los conductores dos corrientes contrarias, que se destruyen, responde Du Moncel con el cálculo de las probabilidades que habria para que este caso no llegara á suceder; sin negar la exactitud de este cálculo, creemos que en un sistema de seguridad para los caminos de hierro debe huirse de todo lo que sea azar, no menos que de abandonar á la mano del hombre ciertas precauciones que necesitan repetirse con bastante frecuencia, y cuya falta traeria consigo la del sistema entero, que deja de tener así la ventaja de ser automático. En este caso se halla el medio que propone Du Moncel para que en las bifurcaciones, estaciones de cabecera y otras en que puede quedarse un tren ó expedirse otro nuevo, reciba el maquinista una señal que le indique la direccion de la corriente en el tren anterior, para poner él la contraria si no la lleva.

El que sepa la frecuencia con que dos trenes se alcanzan, sobre todo en Inglaterra, porque la velocidad con que marchan los de viajeros y los de mercancías es muy diferente, y los últimos se detienen casi siempre en todas las estaciones; el que haya observado que en aquellas donde hay depósito de máquinas, estas salen continuamente á la línea para volver un momento despues; el que conozca, en fin, la rapidez con que pasan algunos trenes por todas las estaciones, y lo fácil que es equivocarse en volver una llave á la derecha ó á la izquierda, cuando su posicion anterior no indica con exactitud que debe cambiarse, comprenderá la poca seguridad que por esta razon ofrece el sistema de Du Moncel, y las razones que hemos tenido para proponer en el nuestro la adopcion de un inversor permanente ó de pilas diferenciales cuando no se empleen los aparatos electro-magnéticos.

A pesar de la complicacion é incertidumbre que introduce Du Moncel en la parte electro-mecánica y reglamentaria de su sistema, no ha conseguido sino que puedan marchar dos trenes consecutivamente por el espacio que separa dos estaciones, cuando con el nuestro pueden salir todos los que se quieran, seguros de que se avisarán si se aproximan á una distancia peligrosa, sin variar para nada el sistema y sin exigir que el maquinista cuide de si la corriente va en una direccion ó en otra.

La tercera parte del sistema de Du Moncel consiste en hacer registrar en cada estacion, en un contador electro-cronométrico de doble aguja y visible á cierta distancia, los diferentes kilómetros recorridos por dos trenes consecutivos.

No hay entre este problema y el resuelto por Steinheil y Breguet ó por Maigrot mas diferencia que la de haber hecho doble el aparato indicador, con dos agujas que marchan hácia el mismo lado, perfectamente aisladas, y cuya velocidad ó separacion debe indicar respectivamente la de dos trenes. Nada mas ingenioso ciertamente que este aparato, pero tiene, como todos los de su especie, segun ya lo hemos dicho

repetidas veces, el gravísimo inconveniente de no hacer la indicacion exacta que se le pide, porque las agujas avanzan siempre hácia un lado, sea la que quiera la direccion de la marcha de los trenes; por lo tanto un tren que por un accidente cualquiera pasa dos, tres ó mas veces sobre el mismo interruptor, hará avanzar su aguja como si continuara su marcha, y la distancia entre ambos trenes apareceria considerable cuando tal vez fuera cortísima, y hasta podria resultar, por mas que se niegue la posibilidad de que dos trenes vayan uno contra otro por la misma via en los ferro-carriles que la tienen doble; podria resultar, decimos, que á medida que dos trenes se fueran aproximando, las agujas del contador marcasen entre ambos una distancia creciente. De suerte que si ambos casos son posibles, sobre todo el primero, ¿cómo ha de haber seguridad absoluta en un sistema de interruptores kilométricos que hacen marchar un contador, para que en vista de sus indicaciones se avise despues al tren desde la estacion?

No hay mas que recordar cómo resuelve Du Moncel el cuarto problema de los que constituyen su sistema, « que se prevengan mútuamente dos trenes que se aproximan uno á otro », para comprender lo incierto de su método.

Las dos agujas del contador que marchan aisladamente, formando cada una parte de un circúito especial, cuando los trenes respectivos pasan por los interruptores, pueden tocarse con un apéndice metálico que tiene una de ellas, en el momento en que el número de divisiones del contador que las separa marca la distancia que se ha juzgado peligrosa en la línea; y entonces se establece un circúito eléctrico por las dos agujas, que va por los alambres conductores á los aparatos de alarma que llevan los trenes.

Ahora bien, prescindiendo de la objecion hecha ya al inventor, y á la cual contesta, de que la corriente eléctrica tiene que atravesar un circúito muy largo; objecion en realidad bien pequeña, y que no merece por lo tanto la tomemos

en consideracion ; nos harémos cargo de otra mas grave, á saber: la de que las señales no se trasmitan directamente de un tren á otro, sino de la estacion á los trenes por medio del contador.

Dice Du Moncel que el aparato es muy sencillo, que no exige mas que el paso de un diente cada dos minutos, siendo pocas las probabilidades de que se descomponga; que por otra parte un mecanismo podria hacer que al pasar el tren por la estacion, la aguja fuese á colocarse automáticamente en la division 0 de la muestra, rectificándose así á cada momento; y por último, que como el contacto metálico que provoca la aparicion automática de la señal de alarma en los trenes se hace bajo la influencia de un mecanismo de relojería, no hay que temer, como en los demás sistemas, que el circúito deje de establecerse bien.

Hay entre las razones de Du Moncel algunas *contraproducentem,* pero es inútil detenerse á señalarlas, cuando aceptándolas todas como buenas, no por eso seria mejor el sistema, que hemos dicho peca por su base. La señal de alarma se produce en los trenes, ó mas bien querria el inventor que se produjera, cuando las dos agujas se aproximan á la distancia peligrosa, porque la posicion de las agujas en el contador debe ser la reproduccion de la que tienen los trenes en la via; pero ¿no hemos demostrado ya que puede suceder, y es mas que probable suceda lo contrario, aunque el aparato marche con toda la perfeccion que seria posible desear? Pues si las agujas han de marcar necesariamente una cosa distinta de lo que pasa en realidad, ¿qué importa que establezcan el circúito y dén una señal de alarma cuando en el contador se indique un peligro que no existe en la via? Si el tren delantero tiene que detenerse y dar algunos pasos hácia atrás, para avanzar despues, pasando varias veces por el mismo interruptor, la aguja correspondiente del contador se habrá alejado mas y mas de la otra, á pesar de que el segundo tren ha ido constantemente al alcance del otro, y cuando se

precipita sobre el primero, las dos agujas tendrán entre sí una distancia que no permitirá, y que no debe permitir su contacto, y el choque por consiguiente habrá tenido lugar sin señal que lo previniera. Si por el contrario es el tren posterior el que tiene un percance, y pasa varias veces por el mismo interruptor, la aguja correspondiente avanzará hácia la otra, se aproximará hasta el punto de cerrar el circúito y producir una señal de alarma en el primer tren cuando se halle á 4 ó 5 kilómetros del otro retrasado, y no haya peligro alguno que evitar.

Los mismos efectos resultarian si la falta momentánea de un frotador dejase de establecer el contacto con uno ó mas interruptores fijados de trecho en trecho en la via.

Dadas las razones que se oponen á la eficacia del sistema, en el caso mas sencillo de marchar un tren en la misma direccion que el otro, es inútil que nos detengamos á probar lo mismo en el mas complicado de marchar los dos trenes en direccion contraria, para lo cual propone Du Moncel la intervencion del aparato indicador de la otra seccion ó intervalo entre la estacion central y la que la precede. En nuestro sistema ambos casos son iguales, y no hay mas diferencia que la mayor ó menor distancia á que se detendrian los trenes, por el hecho de marchar en la misma ó en direccion contraria.

Aunque volverémos á hacernos cargo de algunos inconvenientes de este sistema, al hacer el paralelo con el nuestro, no podemos terminar su exámen sin manifestar que es ilusoria la ventaja, que supone Du Moncel, de no tener que emplear mas que las pilas de las estaciones y las del telégrafo portátil, pretendiendo con eso que no debe contarse con el gasto de un generador eléctrico especial; así como el decir que basta un solo alambre, cuando tiene que servirse de uno de los de la línea telegráfica ordinaria. ¿Dejarán de ser dos los que necesita para que trabajen sus aparatos de seguridad? Los inconvenientes de interrumpir y embrollar las co-

municaciones del servicio ordinario ¿no superan con mucho el gasto de tener dos alambres especiales? Lo mismo hay que decir respecto de las pilas de las estaciones y las del telégrafo portátil. En nuestro sistema estas últimas bastan para una multitud de casos, cuando en el sistema de Du Moncel solo se impediria (supuesta su eficacia) el choque de dos trenes.

Sistemas de señales eléctricas no automáticas, pero que se producen en cualquier punto de la línea, yá entre los trenes y las estaciones, ya entre varios trenes que recorren la misma via. —Si el espacio que debiéramos dedicar á un sistema en este capítulo fuera proporcional á su valor, es decir, á las probabilidades de constituir algun dia un medio adoptado en todas las líneas férreas para proporcionarles la seguridad que necesitan, una página seria sobrada para el exámen de los que constituyen este grupo. Pero se encuentra en él uno de los que mas han llamado la atencion pública; y ya sea por la oportunidad con que hizo sus ensayos el inventor Gaetano Bonnelli, ya por la novedad que causaron los efectos del telégrafo eléctrico, desconocidos de la generalidad, lo cierto es que no solo la multitud, sino muchas personas ilustradas quedaron seducidas por los resultados, mas sorprendentes que útiles, sin darse bien cuenta de los que seria necesario obtener para resolver el problema de la seguridad en los caminos de hierro.

Ya Du Moncel, en la segunda edicion de su *Tratado de aplicaciones de la electricidad*, califica tal vez con demasiada dureza el invento de Bonnelli, y se lamenta de que, habiendo sido uno de los últimos que se han presentado con la resolucion del problema, y no siendo esta ni con mucho la mas acertada, se haya llevado, sin embargo, la mejor parte de la gloria.

Nosotros darémos menos importancia á ese triunfo efímero, y con detenimiento y con razones probarémos que

además de ser inferior á otros muchos presentados con mas modestia, el sistema de Bonnelli no tiene ni aun el mérito de la novedad; porque además de lo que dice Du Moncel con respecto á la idea de establecer una barra continua á lo largo de la via, vemos por la descripcion que hicimos del sistema de Coghland en el capítulo anterior, que ya en 17 de octubre de 1854 fué emitida la idea de establecer un conductor aislado continuo á lo largo de la via, para trasmitir comunicaciones desde los trenes en marcha á las estaciones, valiéndose de un frotador ó comunicador; y esto es todo el sistema de Bonnelli.

Y aquí harémos un paréntesis, para dar gracias y no admitir la suposicion que hace Du Moncel, de que es probable que hubiéramos pensado tambien antes que Bonnelli en la instalacion de una barra metálica *continua* para relacionar unos trenes con otros. No, jamás hemos pensado en ello como medio de llevar á cabo nuestro sistema; porque este habria falseado por su base: con un conductor continuo las señales se producirian á una distancia mayor que la necesaria, si fuesen automáticas; los trenes se habrian avisado mútuamente al salir de las estaciones, y habriamos obtenido un efecto poco diferente del que produce hoy el telégrafo ordinario; no siendo automáticas las señales, que es el caso en que se ha puesto Bonnelli, desaparecen las ventajas de un sistema de seguridad, porque todo depende de la voluntad de los telegrafistas que van en el tren. Pero no nos anticipemos, y antes de emitir nuestra opinion, examinemos el juicio que han formulado otras personas, entre ellas, algunas que deben ser competentes, como M. Couche, profesor de construccion y de caminos de hierro en la Escuela de Minas de Paris.

Este ingeniero, en una larga memoria sobre *El telégrafo de las locomotoras*, examina una por una las objeciones que podrian hacerse al sistema; las trata separadamente con el acierto que acostumbra, y sin embargo, al terminar su obra, es-

tampa en forma de nota una de esas frases categóricas que manifiestan la ligereza del que las ha escrito. El último párrafo de la memoria de M. Couche es tan absurdo, está tan patente en él la contradiccion en que incurre, que ni aun deberia merecer los honores de la refutacion, porque sin trabajo alguno se advierte que al emitir una opinion general sobre los demás sistemas que como el de Bonnelli se fundan en el empleo de las corrientes eléctricas, M. Couche lo hace sin conocerlos y sin haberse tomado siquiera la molestia de averiguar cuál era su objeto. ¿Cómo, si no, condenar de una plumada lo que antes habia considerado como el *desideratum* de los caminos de hierro? Cómo calificar de complicados, procedimientos que no difieren en sencillez del que ha elogiado, puesto que es exactamente el mismo principio científico aplicado de la misma manera, pero que carece de los defectos que él mismo acaba de señalar? Cómo confundir, si no, el objeto del freno eléctrico de Achard con el del sistema de Bonnelli?

Couche da por hecho que el aislamiento del conductor es suficiente, al menos en trozos cortos (8 kilómetros), como el de los ensayos de Batignolles á Suresnes; *circunstancia,* dice (la de ser un trozo corto), *que no considera como inconveniente, aun cuando fuera condicion* sine qua non *de la trasmision de las señales;* porque no hay verdadero interés, añade con mucha razon, en que los trenes puedan corresponder entre sí ó con las estaciones siempre y en todos los puntos de la via, sino en ciertos casos, cuando hay realmente peligro.

Considera, como Bonnelli, que el agua y la nieve son inofensivas, porque esta no es conductora mientras está seca, y para que llegase á impedir la marcha del aparato de seguridad, seria preciso que la via estuviese intransitable; en cuanto á la lluvia, dice, la pérdida de flúido que ocasionaria por los soportes, se reemplazaria con aumentar elementos al generador eléctrico.

La disposicion del conductor aislado en la via misma, cla-

vado en las traviesas á poca distancia del suelo, no le parece á Couche embarazosa, porque permite, dice, que se levanten estas cuando sea necesario que se muden los cojinetes, las barras y aun las traviesas mismas; y el cuidado que exige este conductor no tiene nada de minucioso, y puede confiarse á los guardas de la línea sin aumento del personal ordinario.

La malevolencia del público, á que se halla cxpuesto el conductor, no es tampoco una objecion de importancia para Couche; porque, como dice muy bien, el mal no se hace generalmente por instinto de depravacion, sino por interés; debe contarse con la vigilancia de los empleados, indispensable como para el telégrafo y las demás partes de la via, sujetas todas á romperse por maldad ó por acaso, sin que por eso pretenda nadie que deban suprimirse los alambres telegráficos.

Otra objecion que se ha hecho al sistema de Bonnelli es que la situacion del conductor lo hace poco apropiado para pedir socorro á las estaciones en caso de accidente, porque el menor choque ó descarrilamiento debe destruirlo. Couche responde á eso que nada importa que no pueda pedirse con él socorro despues del accidente, si da los medios de evitar este, y añade con mucha razon que el establecimiento del sistema Bonnelli no justificaria de ninguna manera la supresion de los alambres telegráficos de la via.

Al ver la manera como Couche considera todas las cuestiones de detalle, y algunas con bastante fundamento; al oirle decir que ninguno ha resuelto la cuestion como Bonnelli, se espera verle aceptar el sistema con todas sus consecuencias; sin embargo, despues le da un golpe de muerte, hace evidente lo vicioso del sistema, aunque pretende, al hacerlo, que solo limita la escala en que debe aplicarse. Copiarémos un párrafo de su memoria, ó mas bien apología, en que, á pesar de su deseo, demuestra la exactitud de la opinion que tenemos formada acerca del sistema Bonnelli.

«Segun Bonnelli, su telégrafo deberia establecerse en toda la extension de la via; porque lo considera no solo bajo el punto de vista de la correspondencia de los trenes entre sí ó con las estaciones, sino como medio de reemplazar el telégrafo ordinario....., pero aun cuando conviniera que se estableciese, en efecto, á lo largo de todo el camino, no justificaria de ninguna manera la supresion de los alambres de la línea telegráfica; porque estos no están sujetos á averías como el conductor de Bonnelli, que las tendria mas ó menos graves en caso de accidente; deben pues quedar para la correspondencia ordinaria y para pedir auxilio en caso necesario.

» *Por otra parte*, añade, *no se ve que haya un verdadero interés en que los trenes puedan comunicar siempre entre sí y con las estaciones en todos los puntos de la via; porque ¿de qué serviria? ¿cuándo deberian hablarse? ¿qué habrian de decirse?*

» Si dos ó mas trenes marchan por la misma via entre dos estaciones, estas y aquellos tendrán conocimiento de la comunicacion que solo interesa á dos de ellos. ¿Cómo se evitaria la confusion inseparable de esta comunidad de trasmisiones y los peligros á que podria dar lugar? Añadiendo á eso que la trasmision ó recepcion de un despacho se interrumpe cada vez que el carruaje que lleva el frotador atraviesa un paso de nivel ó un cruzamiento, puesto que el conductor se halla enterrado en dichos puntos, de lo cual resultarian nuevas causas de confusion y de error.

»Pero la facultad de que dos trenes que se siguen á corta distancia puedan establecer comunicaciones entre sí, adquiriria por el contrario, un valor incontestable en el caso en que el segundo no pudiera ver al primero, porque les daria un medio infalible *de señalar mútuamente su presencia.*

» *La condicion rigurosa para obtener seguridad en los caminos de hierro es, que un tren deje tras sí una señal evidente de su paso; señal que debe seguirlo á cierta distancia, bastante grande para evitar el menor peligro de choque, y bastante limitada para*

no interrumpir inútilmente el servicio. Llenar cumplidamente esta condicion es el principal *desideratum* hoy dia.

»El telégrafo de Bonnelli, cuya utilidad no se ha formulado sino en términos muy vagos, continúa diciendo M. Couche, encierra una solucion, digna cuando menos de exámen, del problema de la seguridad en las curvas. Me parece pues que solo en las secciones peligrosas seria susceptible de aplicarse con extraordinaria utilidad.

»Teniendo cada curva la barra conductora, deberia prolongarse á un lado y á otro, segun las tangentes, á una distancia igual al horizonte de seguridad, es decir, á 800, á 1,000, ó 1,200 metros, segun los casos.

»Dos ó varias curvas poco distantes entre sí deberian estar reunidas naturalmente por un conductor continuo, y formarian un sistema único, *en el cual no podrian entrar nunca dos trenes al mismo tiempo sin que el segundo lo supiese inmediatamente, y pudiese obrar en consecuencia, es decir, retardar ó detener la marcha para cubrirse.*

»En el momento en que un tren dejase de ver delante de sí un trozo de camino igual á la distancia reglamentaria, se pondria en contacto con el conductor, y por lo tanto con cualquiera otro tren que hubiese entrado antes que él y se hallase todavía en la seccion peligrosa, cerciorándose así de su presencia. Bastaria para eso que los jefes de los trenes, sus suplentes, ó *cualquier maquinista en las máquinas que van solas, cumpliese rigurosamente con la simple obligacion de hacer hablar casi constantemente su aparato durante todo el trascurso de la seccion, cuyos límites estarian marcados por señales permanentes que recordaran este deber.* Los trenes recibirian infaliblemente el aviso, *con la condicion fundamental de que la observacion del aparato habia de ser permanente.*

»Un tren que hubiese recorrido algunos centenares de metros del conductor sin recibir respuesta deberia continuar *hablando*, no por el que le precede, sino por el que pudiera seguirlo.

»Esta manera de aplicar el sistema supone que no *puede mezclarse con la correspondencia de los trenes ningun despacho que emane de las estaciones, y que por consiguiente la barra debe estar completamente aislada.*

»*Este aislamiento es por sí mismo una prenda de seguridad, porque la presencia simultánea de dos trenes en el mismo trozo conductor constituye entonces la condicion* sine qua non *del establecimiento del circúito, con tal que el aparato esté convenientemente aislado, de suerte que aun cuando no hubiera respuesta, el hecho solo del paso de la corriente es para un tren la prueba cierta de la presencia de otro.*»

Tal es la forma bajo la cual debe estudiarse, segun M. Couche, la ingeniosa idea de Bonnelli; forma que no se atreve á suponer exenta de objeciones, pero juzga que serian fáciles de destruir las que se presentaran en la práctica. Cree, en una palabra, que ofrece así probabilidades de aumentar la seguridad de los trenes; y al decir que gracias á la posicion que ocupa Bonnelli, como director de telégrafos, se anuncia el establecimiento de su sistema en toda la extension de los caminos sardos, manifiesta dudas sobre la utilidad de esta *medida general, que perjudica al mismo sistema*, porque *lo expone á ser confuso;* y añade: *Es verdad que la aplicacion á toda la longitud de un camino* queda justificada por *la niebla, porque entonces todas las secciones del camino son peligrosas, sea el que quiera el trazado.*

Mucho nos hemos extendido en estas citas; pero por una parte presentamos en ellas la crítica completa y razonada que ha hecho del sistema de Bonnelli uno de los hombres mas autorizados para tratar esta materia, y por otra, señalando los vicios de que adolece y las ventajas que proporcionaria modificado, nos hace ver M. Couche cuál debe ser el principio de un sistema que llene el *desideratum* de seguridad en los caminos de hierro.

Segun él, y la práctica lo ha demostrado, no hay dificultad en mantener el conductor con el aislamiento suficiente; y el

medio de comunicar dicho conductor con los aparatos telegráficos y los generadores de electricidad que llevan los trenes es eficaz *para entablar una correspondencia ordinaria entre dos de ellos*. Este resultado, que fué el que se propuso Bonnelli en los ensayos, se obtuvo con un éxito el mas feliz que pudiera desearse; pero á pesar de eso, el sistema no solo es vicioso, sino irrealizable, y en ello conviene Couche, porque los trenes se hablan á distancias en que no hace falta tomar precaucion alguna, y porque hallándose varios trenes sobre el mismo conductor, resultaria confusion necesariamente. Nosotros, con Du Moncel y Meunier, cuyo juicio insertamos íntegro en el *apéndice* que acompaña esta obra, no vacilamos en decir, fundados en los principios de la ciencia, que no habria medio de entenderse cuando varios trenes quisieran hablar á la vez, y esto sucederia siempre si el sistema se ponia en ejecucion con rigor por todos los empleados de la via. Y ¿cuál es la verdadera causa de esa confusion? *El tener un conductor aislado continuo*. Y ¿cómo propone Couche que se corrija este vicio? *Colocándolo á trozos en los puntos peligrosos*; y dice poco despues que en tiempo de niebla la línea ofrece peligro en toda su extension, y que esto podria justificar la instalacion del sistema en toda ella, si este peligro no fuese temporal; olvidando por una parte que la confusion hace irrealizable dicho establecimiento, y que un peligro temporal, que puede presentarse cuando menos se espera, constituye un peligro permanente.

Estas conclusiones de Couche pueden parecer, y son en efecto, extraordinarias, pero lo es mas el que haya condenado absolutamente sistemas cuyos medios de aplicacion son idénticos á los que encuentra realizables en Bonnelli, y que solo difieren de este en que no tienen sus defectos, por el contrario reunen las circunstancias que él mismo califica de indispensables para la seguridad de los trenes.

Seria perdonable que no hubiese hecho mencion de ellos si no los habia leido; aunque el hombre que tiene cierta re-

putacion en una materia, debe, al escribir acerca de ella, sobre todo cuando puede lastimar derechos sagrados, estudiar antes á fondo las cuestiones; pero condenar de una plumada las obras que no se conocen, es una de las faltas mas graves de que puede hacerse cargo á un crítico. Y decimos que no las conoce, á pesar de que cita el título y la página de la que califica de mas ingeniosa, porque solo así se explican estas palabras: «Se han propuesto con este objeto (el de comunicar entre sí los trenes en marcha) varias disposiciones, fundadas, como el sistema de Bonnelli, en el empleo de las corrientes eléctricas; pero el menor de sus inconvenientes es una complicacion extraordinaria, y todas se han quedado en proyecto, etc.»

¿Se habria atrevido Couche á decir semejante cosa de nuestro sistema, del cual son una copia los de Guyard y Achard, que cita, despues de haber escrito su juicio acerca del de Bonnelli, si hubiera tenido la menor idea de él? ¿Cómo podria motejarlo de complicado, cuando no exige mas aparatos, ni tan delicados, como los que emplea Bonnelli para evitar un choque? ¿Cómo condenar la realizacion de lo que él llama el *desideratum*, ni mucho menos los medios de aplicar el principio; medios que él aprueba y cuya bondad han verificado los experimentos de Bonnelli, aun cuando no se quisieran tener en cuenta los nuestros; medios que como todo el resto del sistema, se habian publicado dos años antes de que Bonnelli los presentara como nuevos? No, no es posible, repetimos, que Couche haya leido la descripcion de los sistemas á que se refiere, ni aun el del mismo Achard, que cita; porque entonces no habria pecado solo de ligereza.

Condenado, por decirlo así, el principio del sistema de Bonnelli, siendo evidente que ni aun el mérito de la novedad tiene, y trascribiendo literalmente al fin de la obra el juicio emitido por Du Moncel y Meunier, así como las pueriles razones con que se han combatido los argumentos del último, es inútil que nos detengamos mas tiempo en demostrar los inconve-

nientes de este sistema: no podemos menos, sin embargo, de llamar la atencion sobre dos capitales que hay en él, además de los ya examinados. Es el primero, que no estableciéndose el circúito eléctrico sino cuando el empleado que va en el tren lo hace *voluntariamente*, se halla la seguridad del viajero no solo á merced de los aparatos, como en un sistema automático, sino á la del empleado que tenga ó nó voluntad de hacerlos funcionar, á la de su mayor ó menor inteligencia en manejarlos, y á la de los errores que se cometen con frecuencia en la trasmision de un número. El segundo es, que siendo precisamente los telégrafos de Wheatstone los mas difíciles de interpretar, porque exigen una instruccion preliminar en el que los maneja, seria preciso establecer en cada tren un verdadero puesto telegráfico, y el gasto de personal seria inmenso.

Los sistemas de Gay y de De-Mat, posteriores al de Bonnelli, son menos aceptables aun que el de este, y al describirlos dijimos acerca de ellos cuanto es dable decir. Gay se ha propuesto, segun Du Moncel, evitar el empleo de un personal especial que atendiera á la lectura del telégrafo de Wheatstone, y se vale de una especie de libro de via, con todos los pormenores que hay en ella, y que va marcando una aguja á medida que los trenes van marchando. De-Mat emplea tambien un conductor continuo; pero temiendo sin duda que el aislamiento usado por Bonnelli no bastara, adopta un medio semejante al que dimos á conocer en el sistema de Erckmann; por lo demás, tiene todos los inconvenientes anejos á los conductores continuos.

Sistemas de señales eléctricas automáticas que se producen en los trenes en cualquier punto de la via, siempre que se hallen á la distancia mínima establecida de antemano. — El primero de los sistemas que se han propuesto con este objeto, el primero tambien que ha resuelto la cuestion de comunicar entre sí dos trenes en marcha, y uno de los mas antiguos entre los

que hemos examinado, es el que lleva nuestro nombre.

Difícil y casi imposible parece que emitamos nosotros mismos un juicio sobre este sistema, y en efecto, renunciamos á ello, no por temor de que nos falte imparcialidad, pues ya nos lisonjeamos de haberla demostrado al declarar que el medio propuesto por nosotros para hacer funcionar los frenos era inferior al de Achard; y hasta hemos dejado de describirlo en esta obra, á pesar de que despues de conocido nuestro trabajo, no han sido mal recibidos los de otros que adoptaban algunas de las ideas en él expuestas sobre los frenos; de la misma manera habriamos condenado nuestro principio si hubiésemos visto otro que llenara mejor las condiciones que exige la seguridad en los caminos de hierro; pero, á decir verdad, no lo hemos encontrado, y vemos que los que posteriormente se han dedicado á resolver el problema, ó vienen á dar en las mismas ideas, ó son refutados por separarse de ellas. Afortunadamente, para el objeto de esta obra, el vacío que dejáramos lo han llenado los experimentos en grande escala que hicimos en el camino de Madrid á Almansa, cuyo buen resultado justificamos con los documentos insertos en el apéndice, además de los juicios emitidos por algunas personas. Como estos no han sido todos enteramente favorables, nos permitirémos contestar á las objeciones, es decir, solo á aquellas que se refieren al sistema mismo, pues en cuanto á las mas comunes, de la falsa seguridad que se da á los empleados, la escasez de accidentes, y otras de esta especie, que se refieren á todos, ya las hemos combatido en el capítulo x.

En el tomo xi, pág. 173 del *Genie Industriel,* al dar cuenta del sistema de Bonnelli, estampa el autor del artículo las siguientes líneas (cuyo sentido comprenderá el lector despues de haber visto en qué consiste la invencion de Bonnelli), que se refieren á la seccion de la barra aislada que sirve de conductor: «Se comprende desde luego que entre dos estaciones fijas se pueda establecer un alambre, en que la intensidad de la corriente sea igual en toda su longitud, estando so-

metido á las leyes que hemos expuesto (las estampadas ya al describir el sistema de Bonnelli); pero dadas dichas condiciones, la corriente tendrá, en igualdad de circunstancias, una intensidad constante, y entonces será posible emplear su accion en la produccion regular de los fenómenos electro-magnéticos, que, como queda dicho, sirven de señales telegráficas: se ve pues *que el conductor ordinario de la línea* no podria emplearse eficazmente en el caso en que poniendo un aparato telegráfico sobre un tren en marcha, se estableciese una comunicacion permanente entre este aparato y el conductor de la línea, *porque la derivacion ocasionada en la corriente eléctrica por la presencia de un aparato telegráfico* (derivacion cuya resistencia es inversamente proporcional á la suma de las resistencias del alambre conductor y del aparato) variaria constantemente con la posicion del tren sobre la via que recorre, y por consiguiente no seria posible establecer una trasmision regular de despachos entre los trenes en marcha y las estaciones, y con mas razon entre varios trenes situados unos de otros á una distancia constantemente variable. *Contra esta dificultad principalmente han venido á estrellarse los proyectos de Du Moncel, Tyer, Guyard, Castro, Achard,* etc. Pero si reemplazamos, continúa, el conductor ordinario por una barra de gran seccion, como sucede *en el telégrafo de las locomotoras...* etc.»

No conprendemos que un hombre que parece entendido en la materia haya escrito de buena fe las líneas que acaban de leerse; para ello es menester suponer de él lo que dijimos al hablar de M. Couche, y es que no ha leido los sistemas que cita, ó si los ha leido, no se ha hecho cargo de ellos. ¿Cómo, si no, confundir unos con otros, sistemas que en nada se parecen, como el de Tyer, Du Moncel y el nuestro? Cómo suponerle á este, para condenarlo, condiciones que no tiene? ¿Dónde ha visto el articulista que nuestro proyecto se haya estrellado en dificultades que solo existen en su imaginacion? Hemos subrayado de intento las frases en que determina sus objeciones, para patentizar mas lo extraño de querer aplicárnoslas.

Nuestro sistema no tiene derivaciones de ninguna especie; en cada trozo del conductor aislado no pueden hallarse sino dos aparatos telegráficos cuando mas, que se avisan mútuamente el peligro, porque no puede menos de cerrarse el circúito cuando lo tocan ambos; la longitud de este circúito, que no pasa nunca de 2 kilómetros, y que no necesita por consiguiente un conductor de gran seccion (aunque nada nos impide darle la que sea menester, habiendo solo indicado los alambres telegráficos ordinarios como mas económicos), si trasmite la corriente sin dificultad de un tren á otro, colocados ambos en los extremos, no dejará de hacerlo cuando avancen y se acorte la distancia; el efecto en el aparato de alarma será el mismo, no variará porque la corriente, encontrando en el conductor un poco menos de resistencia, varie en el galvanómetro unos cuantos grados.

Léjos, pues, de habernos estrellado en esa dificultad, no hemos tenido ni tendrémos nunca que luchar con ella; la sencillez del principio en que hemos fundado nuestro sistema lo pone á cubierto de las dificultades que ha soñado el *Genie Industriel*, y toda su argumentacion viene por tierra, por exacta que sea, desde el momento en que no hay motivo para aplicarla.

La misma desgracia de haber sido juzgados sin conocimiento de causa nos ha cabido en una obrita sobre telegrafía eléctrica, publicada por el ingeniero M. Víctor Bois, que siguiendo el sistema adoptado generalmente, segun parece, por sus compatriotas, puesto que así lo hace tambien M. Louis Figuier en sus *Nuevas aplicaciones de la ciencia á la industria*, se ha propuesto emitir una opinion en globo sobre todos los sistemas de seguridad fundados en la trasmision eléctrica, como si todos fuesen iguales. Pero M. Víctor Bois hace mas aun: no se contenta con decir que los sistemas de Castro, Du Moncel, Bonnelli y Guyard tienen una gran analogía entre sí; y como muestra de imparcialidad, elige para hacerlos conocer todos la descripcion del último; sino que despues, al dar cuenta del sistema de Regnault, dice: «En vez de abando-

nar, como lo han hecho los demás que acabamos de citar, excepto M. Guyard, la seguridad de la marcha de los trenes al capricho de los aparatos, casi siempre complicados, propone M. Regnault poner en mano de los agentes que dirigen el movimiento de los trenes, un aparato electro-magnético tan sencillo, que no es posible que haya error en la trasmision ni en la interpretacion de las señales.

Los que hayan leido la descripcion de los sistemas citados, y recuerden lo que es el de Guyard, comparado con los otros, y sobre todo con el nuestro, formará una idea exacta de este juicio, que no merece refutarse. ¡Y así se da cuenta de los adelantos que se hacen en las aplicaciones de la ciencia!

Al explicar nuestro sistema, dice Du Moncel que no comprende el motivo que nos ha obligado á valernos de pilas diferenciales, ó conmutadores que inviertan alternativamente la corriente, cuya seguridad es mas que problemática; y que podiamos haber conseguido el mismo resultado, con mas sencillez y naturalidad, empleando solo la pila que lleva uno de los trenes, y dejando inactiva la del otro; añade que para que un tren supiese si debia poner ó no la pila en comunicacion con el circúito, hubiera bastado un simple indicador electro-magnético, colocado en las estaciones, y que obrase sobre cada tren al pasar delante de ellas.

Si hubiéramos hecho lo que nos aconseja Du Moncel, que es exactamente lo mismo que él propone para saber la direccion en que debe marchar la corriente en su sistema, el nuestro habria perdido ese carácter de generalidad que lo distingue de los demás, y hubiera dejado de ser eficaz; porque como se ha indicado mas de una vez en esta obra, y lo hemos demostrado en el capítulo x, los accidentes, que pueden ocurrir de mil maneras en los caminos de hierro, se deben casi siempre á casos imprevistos, y por tanto es menester, en nuestro concepto, que un sistema de seguridad sea tal, que abrace el mayor número de ellos posible, y que prevenga los riesgos sin que la via ni los aparatos del tren se hallen dis-

puestos de diferente manera en cada caso, porque bastaria que se presentase el uno cuando se esperaba el otro, para que teniendo los medios de evitar ambos separadamente, se cayese en los dos juntos.

Si de los trenes que recorren una via solo llevasen su pila en actividad los pares, por ejemplo, ¿cómo recibirian los impares el aviso de peligro que deberian mandarle los guardas de la línea cuando hubiese un obstáculo en ella? Cómo la recibirian tampoco de las barreras, agujas y demás piezas móviles que, mal colocadas, ocasionan un descarrilamiento? Los trenes de mercancías que se detienen en cada estacion, y los del material para los trabajos de la via, que se quedan algunas veces en apartaderos, producirian una alteracion continua y muy frecuente en el lugar de órden de cada tren, y habria tren extraordinario que en una línea larga fuera tres ó cuatro veces par, y otras tantas impar, y para poner ó dejar de poner la pila en actividad, seria preciso una de dos cosas: que el maquinista lo hiciera voluntariamente, y ya hemos dicho cuán expuesto estaria á equivocarse; ó que se obtuviera la introduccion y separacion de la pila automáticamente, como propone Du Moncel; pero en ese caso, no solo habria que establecer en cada tren otro conmutador mas problemático que el que se quiere evitar, puesto que funciona de una manera irregular; sino que seria indispensable montar en cada estacion, en cada apartadero, un sistema especial, sobre el cual obraran los trenes de distinta manera, segun llevaran ó no la pila en actividad, y que él, á su vez, moviera el reótropo del tren para poner la pila en actividad, ó vice-versa. Compárese esto con el sencillo aparato de prueba que hemos propuesto, para que en el caso de usar pilas diferenciales se sepa automáticamente que van en regla; aparato que solo se establece en las estaciones de cabecera, de donde sale la máquina por primera vez; y sin embargo, con las pilas diferenciales pueden prevenirse todos los casos de accidentes que deja sin resolver la supresion de la pila en un tren.

Al mismo tiempo no comprendemos cómo Du Moncel extraña y dificulta el inversor que usariamos en el caso de no echar mano de las pilas diferenciales; porque es un aparato tan indispensable en su sistema, que precisamente se vale de él, y emplea, como nosotros, el de Ruhmkorff modificado; dirá tal vez que él lo tiene en las estaciones, y nosotros lo llevamos en el tren; que el suyo no funciona sino cuando un empleado le da vuelta de vez en cuando, y el nuestro debe marchar mientras ande el tren; pero tampoco es una objecion fuerte, porque la destruyen los resultados de la experiencia, la manera como hemos propuesto que marche el inversor, y la construccion de este. Su sencillez, en efecto, y la circunstancia de recibir el movimiento de una de las ruedas del carruaje, no hacen temer que cese de dar vueltas mientras este se halle en movimiento, ni que los resortes dejen de apoyar convenientemente contra el cilindro; pero si esto sucediera, si esta especie de conmutador, que segun Becquerel, es la mas segura, no estableciera el contacto cuando se le hiciera marchar algunas horas seguidas, ¿no tenemos experimentado el interruptor de Breguet, que funciona continuamente años enteros sin descomponerse, y que la modificacion de M. Guillot, descrita en el capítulo XIV, ha convertido en un excelente conmutador? No nos queda pues el menor recelo de que falle nuestro sistema por la introduccion de un inversor en el circúito; tampoco creemos quedará duda de lo preferible que seria usar pilas diferenciales á la supresion de la pila en los trenes pares ó impares, si no se quisiese adoptar el conmutador ni hacer uso de aparatos magneto-eléctricos.

En el resúmen que hace Du Moncel de todos los sistemas propuestos para aplicar la electricidad á los caminos de hierro, con objeto de probar la superioridad de los sistemas en que se establece el circúito por medio de interruptores conjuntivos, fijos en la via de trecho en trecho, dice lo siguiente:

«Los sistemas de conductores continuos ó interrumpidos, que ocupan toda la longitud del camino, y sobre los cuales se apoya un frotador de una manera permanente, no realizan las condiciones apetecidas, porque las tiras metálicas ó conductores son muy difíciles de aislar y un obstáculo ó embarazo para el servicio de un camino de hierro. Dichos sistemas además exigen, ó bien relevos, que es difícil regular convenientemente, por las trepidaciones del carruaje, ó telégrafos de agujas, que necesitan empleados especiales, ó bien contadores mas ó menos complicados, que son susceptibles de descomponerse.»

Dos de estas objeciones alcanzan á nuestro sistema, y contestarémos á ellas empezando por la que parece mas importante, á saber: la dificultad en aislar el conductor general.

Si esta objecion la hubiera hecho Du Moncel hace tres años, cuando propusimos nuestro sistema por primera vez, la opinion de una persona tan autorizada nos hubiera hecho dudar de la posibilidad de conseguir dicho aislamiento; aunque iguales dificultades se habian supuesto para las líneas telegráficas ordinarias, y la experiencia demostró despues que no eran fundadas; pero tambien la experiencia ha venido esta vez á destruir los escrúpulos de Du Moncel, con la diferencia de que ahora, y por eso extrañamos su objecion, se ha hecho sabiendo ya que el aislamiento es tan perfecto como puede desearse. No exigiriamos de Du Moncel que tuviera noticia de los ensayos que verificamos en este rincon del mundo, y tambien seria mucho pedir que diese entero crédito á los resultados obtenidos en un país tan remoto y atrasado; pero algunos meses antes de que escribiese su obra habia podido presenciar los ensayos de Bonnelli, en que un conductor de 8 kilómetros ha permanecido durante dos meses, á pesar de estar en peores condiciones que el nuestro, perfectamente aislado y en disposicion de trasmitir, no una señal rápida, instantánea, que puede ser entrecortada, sino una conversacion seguida, en la cual no cesa la

corriente sin peligro de confusion. ¿Será pues de temer que no haya el aislamiento apetecido en otro conductor de 2 kilómetros, que no exige una continuidad rigurosa en la corriente, que necesita menos postes, y ofrece en consecuencia menor número de puntos de salida á la electricidad que se pierde? Si en los meses de noviembre y diciembre se conservó suficientemente aislada una barra metálica de 8 kilómetros de longitud, apoyada sobre 4,000 aisladores, separados solo del suelo 10 centímetros, por unas varillas metálicas clavadas en las traviesas, ¿podrémos temer nosotros que nuestro conductor no quede bien aislado para trasmitir una corriente eléctrica á 2 kilómetros cuando mas, no estando apoyado sino en 100 aisladores, á un metro de la tierra, con la cual no comunica sino por un poste de madera? Podrá fundarse Du Moncel en las razones que quiera, pero no tememos ni remotamente que falsee nuestro sistema por carencia de aislamiento en el conductor, así como tampoco por falta de contacto, segun han supuesto algunos. En efecto, segun lo acreditó la experiencia en la misma ocasion, el conductor así dispuesto permite una comunicacion seguida, capaz de dar un despacho sin confusion, y nosotros no necesitamos mas que el establecimiento del circúito instantáneamente; puede haber intervalos cortos, y aun nada importaria que se alargasen algunos segundos.

No es mas fundada la objecion que sobre el relevo hace Du Moncel; lo propusimos para cerrar un circúito local en que se hallase el aparato de señales, no porque fuera absolutamente indispensable para el sistema, sino porque nos parece un medio mas seguro de hacer marchar el aparato de alarma cualquiera que sea, por débil que llegue la corriente; y lo creemos seguro porque antes de proponerlo lo hemos ensayado muchas veces, sin que jamás bastase la trepidacion del carruaje á cerrar el circúito local, ni haya dejado de funcionar la armadura del electro-iman del relevo despues de cerrado el circúito de la línea. Pero si no bas-

taran nuestros propios experimentos, ¿no tendriamos el ejemplo del sistema de Mirand, en que hay una armadura de electro-iman que podria moverse con la trepidacion del carruaje? El mismo aparato de señales propuesto por Du Moncel para su sistema ¿no quedaria sin efecto si las oscilaciones fuesen tales, que vencieran la fuerza de atraccion del electro-iman, la del resorte, ó la inercia de la armadura cuando esta no se halla atraida? Si el argumento de Du Moncel fuese fundado, casi habria que renunciar á la idea de emplear un aparato electro-magnético en los trenes en marcha; por fortuna vemos que la experiencia demuestra lo contrario. Además ¿cómo evita Du Moncel el empleo de un relevo en su sistema? Enviando directamente una corriente al aparato de señales, corriente que tiene que atravesar un circúito de tres ó cuatro leguas, que es poca cosa, dice el autor, para aparatos de agujas imantadas. Pues si en su sistema es posible trasmitir una corriente que haga funcionar directamente un aparato de señales á 12 ó 16 kilómetros, ¿por qué no habiamos de conseguir en otro seis ú ocho veces menor un resultado semejante, como lo es el hacer cambiar de posicion una barra imantada? Porque nada mas necesitariamos para tener un relevo tan bueno como cualquiera de los comunes, si la corriente no bastara á producir directamente la señal.

Queda por destruir el tercer argumento hecho en contra del sistema, que se refiere á lo embarazoso que seria para el servicio de un camino de hierro. Esta objecion la han contestado M. Couche y otros ingenieros especiales de caminos de hierro; sobre todo, el primero, en la pág. 6 de su memoria sobre el telégrafo de Bonnelli; sin embargo, como creemos que aunque bastante explícito, y tal vez demasiado absoluto en sus conclusiones, no da las razones suficientes para justificarlas, dirémos algunas palabras sobre este particular.

El embarazo ocasionado por el conductor en la via, si realmente fuese un obstáculo para el servicio, no podria menos

de hacerse sentir por una de estas tres causas: 1.° porque impidiera la circulacion de los trenes; 2.° porque no permitiera ó dificultara la de las personas que quisieran atravesar de un lado al otro de la via; 3.° porque hiciera difícil la conservacion del camino en la renovacion de las traviesas, rectificacion de los niveles, etc.

Por mas que buscamos en la disposicion de nuestro conductor de cuál de estas tres maneras seria embarazoso, no nos es dable atinar con la que ha inspirado su objecion á Du Moncel. No es la primera, porque los trenes que circulan á lo largo de una via no necesitan sino encontrarla siempre expedita delante de sí, en una seccion de la forma y dimensiones representadas por la plantilla que suele colgarse á la salida de los muelles de mercancías; nuestro conductor se halla fuera de dicha seccion, ya se coloque en la entrevía, ya en el costado exterior; por consiguiente no puede impedir la marcha de los trenes, ni da lugar siquiera á la objecion que hacen algunos á Bonnelli de que una cadena desprendida puede ocasionar averías en el mismo conductor, arrancar las traviesas, etc., ni á la de que tendrian que desterrarse las máquinas de aljibe ó de cenicero muy bajo.

No será tampoco la segunda, porque el conductor general se halla enterrado en los pasos de nivel y demás puntos donde el tránsito del público es inevitable, y esta solucion se sabe que no tiene para nuestro sistema los inconvenientes que presentaria para el de Bonnelli; en todo el resto de la via solo debe cruzar de un lado á otro algun guarda, que podrá hacerlo sin dificultad cuando sea menester; léjos pues de ser un obstáculo perjudicial, es un obstáculo útil, porque si bien no ofrece la resistencia material de una pared ó de una verja de hierro, es al fin un obstáculo que se le presenta al imprudente que quisiera atravesar la via al acercarse un tren, y que no le deja lugar á duda, estorbándoselo.

Estableciendo el conductor general en la entrevía ó en el costado exterior de la via, como hemos propuesto, no hay

que temer tampoco que presente obstáculos para la conservacion del camino, porque hallándose los postes ó estacas clavadas en el terreno, á 60 ú 80 centímetros de profundidad si es necesario, independientes de las traviesas, pueden estas levantarse, renovarse y hacer cuanto se quiera sin llegar al conductor; los trabajadores de la via, al aproximarse un tren, podrian separarse á un lado con la misma prontitud y seguridad que lo hacen hoy, y solo necesitarian algun cuidado en los caminos de tres vias, que no son muy frecuentes ni de mucha extension, y en que por otra parte podrian adoptarse precauciones adecuadas á la localidad; bastaria por ejemplo levantar el conductor general de una de las vias exteriores á mas de 2 metros, como lo hicimos en nuestros ensayos, y quedaria entonces reducido al caso de dos vias.

Creemos haber replicado cumplidamente á las objeciones que hace Du Moncel á nuestro sistema; objeciones que aun cuando no hubieran podido destruirse, están muy léjos de ser tan graves como las que hemos hecho á otros que son verdaderamente inaplicables ó muy incompletos.

Hemos dudado si deberiamos entrar ó no en el exámen del sistema á que ha dado su nombre el capitan Guyard, porque siendo en cierto modo *idéntico* al nuestro en cuanto al fundamento y á los principales medios de aplicacion, no era del caso repetir las consideraciones que ya dejábamos hechas; además temiamos pecar de dureza al emitir nuestro juicio, y que se nos tachara de apasionados y presuntuosos; pero nos decidimos á hablar con claridad, porque cuantos escriben sobre esta materia en Francia hacen ya inseparables los dos nombres de Guyard y de Castro, como si realmente hubiese existido *simultaneidad* é *identidad* en las ideas de ambos, ó como si ambos hubiesen trabajado de consuno para producir la misma obra.

Además el capitan Guyard, desconociendo la verdadera posicion en que le ha colocado su poca fortuna, debe esperar

sin duda quedarse solo con la gloria de dar su nombre al sistema que hoy lleva el nuestro; porque solo así nos explicamos la insistencia con que despues de haber querido trabajar con nosotros, ha conseguido que se declarara la caducidad de nuestro privilegio en Francia por una falta de formalidad de las infinitas con que la ley de privilegios hace imposible que un inventor, sobre todo si es extranjero, pueda conservar ilesos sus derechos.

M. Guyard ha creido sin duda que anulado nuestro privilegio (el suyo lo queda de hecho), no esperando obtener ninguna ventaja pecuniaria, volveriamos á un rincon de España, desde donde nos seria difícil seguir la marcha de este asunto, y le dejariamos disfrutar tranquila y exclusivamente del título de inventor de nuestro sistema, que ha sabido hacerse dar.

No se nos oculta que la mayor parte de los que lean estos renglones nos acusarán de temeridad y falta de modestia; porque no seria imposible que Guyard hubiese tenido la misma idea, y que una vez concebida, la desarrollara del mismo modo. No negamos esa posibilidad, y concederémos mas, y es, que otros muchos la habrán tenido con Guyard; pero ninguno ha obrado como él ni tratado de apropiársela.

Segun la ley de privilegios vigente en Francia, que casi todo el mundo conoce en aquel país, y que seguramente no ignoran los que van á ponerse bajo su proteccion, están á disposicion del público las memorias y dibujos de todos los privilegios, con objeto de que nadie alegue ignorancia, y pueda pesar despues todo el rigor de la ley sobre el que haya contravenido á ella, fabricando ó construyendo con arreglo á un sistema protegido, sin respetar los derechos anteriores. Natural parece que el que quiera tomar un privilegio trate de averiguar antes si hay alguna idea igual y anterior á la suya, no solo para no pasar por un plagiario, sino para ahorrarse los gastos inútiles que le ocasionaria su ignorancia; así lo hicimos nosotros, á pesar de que para ello tuvimos que emprender un

largo viaje; y solo cuando nos convencimos de que nada habia semejante á lo que proponiamos, tomamos nuestro privilegio; y aquí debemos decir que solo entonces fué cuando conocimos los trabajos de Breguet y de los demás que nos han precedido en el estudio de esta clase de aplicaciones de la electricidad; porque desgraciadamente en España se hallaba poco extendido el estudio de esta ciencia, y el retiro en que nos hacian vivir nuestras ocupaciones no era el lugar mas propio para estar al corriente de sus adelantos.

Pero volviendo al capitan Guyard, ¿cómo siendo francés y teniendo facilidad, no trató de ver en el Ministerio de Agricultura lo que se habia hecho? Cómo no leyó siquiera la parte del catálogo impreso del año anterior que correspondia á los caminos de hierro, y en el cual, si bien hay mas de cincuenta sistemas de frenos, topes y otros medios de proporcionar seguridad en los caminos de hierro, no llegan á seis los que emplean como agente la electricidad, y ninguno cuyo título lo exprese tan explícitamente como el nuestro?

Concedamos, sin embargo, que es natural semejante indiferencia. ¿Lo es tambien el estudio con que parece haberse propuesto Guyard, adoptando nuestro principio y todos los detalles que son indispensables, evitar el hacer mérito de los casos que indicamos como ejemplos de aplicacion, y citar lo que no por olvido, sino porque era inútil entrar en todos los pormenores del sistema, dejamos de mencionar? Deciamos nosotros: «En los puentes levadizos *y otros pasos en que la posicion de la via no es estable*, pueden ocurrir accidentes, que se evitarian cerrando un circúito eléctrico por el efecto mismo de hallarse la parte móvil mal colocada;» y como una muestra de ello, citamos la disposicion que podria darse en un puente levadizo. Pues bien, Guyard propone en su memoria el caso de un puente giratorio y de una barrera, pretendiendo con eso que no tenemos derecho á proteger barreras y puentes giratorios con nuestro sistema.

No es menos peregrina la idea de que no podamos valer-

nos de reótomos ó de reótropos para interrumpir y cambiar las corrientes, solo porque él ha dado la descripcion de uno, como si esta clase de aparatos no fuera de un uso general en la telegrafía; como si todo el mundo no supiera que cuando dos generadores eléctricos de la misma intensidad se hallan sobre un conductor, es menester interrumpir ó cambiar la corriente en uno de ellos para que se produzca un efecto físico ó mecánico; y en fin, como si no estuviera tácitamente comprendido en la frase en que decimos: «Se colocará en cada tren un *generador eléctrico ó electro-magnético.....»* Este último produce las corrientes invertidas, el primero las da continuas y en una misma direccion; por consiguiente, para producir con ambos los mismos efectos, era preciso emplear los aparatos auxiliares, cuyo uso exclusivo reclama Guyard, bien para invertir las corrientes en la pila, bien para hacerlas continuas en los aparatos electro-magnéticos. ¿Qué diria Guyard si, en el caso de haber sido el primer autor del sistema, le dijesen que no podia usar un fleco metálico porque él habia propuesto un *pincel;* que no podia colocar sus alambres uno al lado del otro, porque en sus dibujos aparecen el uno encima y el otro debajo? Y sin embargo, no es otra cosa lo que pretende, él, que termina la memoria de su privilegio principal con estas palabras: «Reclamamos en consecuencia su uso exclusivo (el del sistema), con la facultad de adoptar al plantearlo todas las condiciones de seguridad y exactitud que exige la telegrafía eléctrica.»

No hubiéramos escrito tal vez las líneas que preceden si solo Guyard hubiera sostenido sus pretensiones; pero hemos visto que Du Moncel parece poner en duda nuestro derecho ó resolver esos *casos accesorios*, como él los llama, sin cederle á Guyard la primacía, y hemos querido hacer ver que todos ellos estaban previstos y sobreentendidos en nuestra primera memoria; pero el objeto á que estaba esta destinada no nos permitia presentar el problema en todos sus pormenores, como lo hacemos en el capítulo XII, y aun hoy no presentamos

varias resoluciones de cada caso sino para demostrar que pueden variar infinitamente y que seria absurdo suponer que en un privilegio habian de enumerarse todas. Que se diga si hay algun caso que no sea la aplicacion rigurosa y necesaria del principio expuesto con toda claridad en nuestros primeros trabajos; si no han debido tenerse todos presentes para formar un sistema general que los abraza todos.

Una de las razones que nos han hecho dudar de la simultaneidad de la idea de M. Guyard con la nuestra, y sobre todo, de los conocimientos que debia poseer para ponerlo en ejecucion, es la *modificacion* que propone al fin de su primera memoria, con objeto, dice, de simplificar la aplicacion del sistema, y para mayor economía.

La modificacion no es nada menos que *sustituir un alambre continuo á las dos séries de alambres interrumpidos, y hacer que los trenes reciban la señal de alarma á la distancia apetecida, y nada mas, solo con graduar la intensidad de las pilas.* ¿Es posible que ambas ideas hayan salido de la misma cabeza, y que el que las ha estudiado proponga la segunda como modificacion de la primera? ¿Dónde ha visto el capitan Guyard que la accion de una corriente pueda graduarse hasta el punto de que funcionen ó no los aparatos telegráficos por solo una diferencia de algunos metros en la longitud del circúito? ¿De qué aparatos se vale para obtener esa regularidad, que apenas es posible en los experimentos mas delicados que pueden hacerse en un gabinete? ¿Será acaso con el aparato de Ruhmkorff, de que habla en su segundo privilegio, pedido siete meses despues del primero, el 13 de enero de 1855? Así podria creerse, porque termina la memoria de este reclamando el derecho exclusivo de emplear el aparato de Ruhmkorff modificado para graduar la intensidad de la corriente; sin embargo, nosotros, que en aquella época habiamos ya encargado en Paris la construccion de aparatos de Ruhmkorff para los ensayos que debiamos ejecutar, no con objeto de graduar corrientes, porque no pudo ocurrírsenos tan

peregrina idea, sino para obtener corrientes de una gran tension; nosotros, que tuvimos noticia del sistema de Guyard por el mismo Ruhmkorff, que construia los aparatos, no vemos en la segunda peticion de privilegio sino la misma tendencia á seguir nuestros pasos; porque no se comprende de otra manera esa nueva *identidad* y *simultaneidad*, con otro intervalo de meses; mas por desgracia para el ingeniero francés, el objeto no era tan patente en esto, y confundió la aplicacion que podia darse en el sistema al aparato de Ruhmkorff.

No son estas las únicas razones que nos han hecho dudar de la suficiencia de Guyard para proponer el sistema como lo presentó en su primera memoria. Además de la *extraordinaria modificacion* que le hizo en aquella misma época, además de la idea que emitió posteriormente de emplear el aparato de Ruhmkorff para regularizar la corriente, expuso otra no menos absurda: la de emplear los alambres telegráficos ordinarios colocados en la via, para la comunicacion especial que necesitan dos trenes al aproximarse uno á otro, proponiéndose conseguir los dos efectos á la vez con dos alambres, ya *completando con ellos tres circúitos*, dice, *ó aprovechando para la señal entre los dos trenes, el intervalo entre la trasmision de dos letras ó señales de la correspondencia ordinaria.*

Es imposible reunir en tan corto número de líneas mayor cúmulo de desatinos, y no vacilamos en decir que el que los propone como modificaciones de un sistema racional, no es el autor de este ni ha podido concebirlo nunca. Las explicaciones en que entra el autor para apoyar sus modificaciones son dignas de estas, y renunciamos á la tarea de refutarlas, porque sobra con verlas en la relacion literal que hemos hecho al dar cuenta de sus trabajos en el capítulo XIV. En vista de todo, nuestros lectores juzgarán si es disculpable la dureza de este juicio. Al estamparlo hemos obedecido á la imprescindible necesidad de vindicar nuestra reputacion, que pudiera ser la de un plagiario, principalmente en Francia,

donde la calidad de extranjero no nos favorece mucho en esta cuestion. Por eso sin duda no ha faltado quien hable de nuestro invento atribuyéndolo á M. Guyard, y sin mencionar siquiera nuestro nombre.

Las modificaciones propuestas por M. Guillot no afectan en nada al sistema, y se reducen á variar la forma de alguno de los órganos eléctricos y mecánicos; es pues inútil que nos detengamos á examinarlas; dirémos, sin embargo, que nos parecen excelentes, y que darian tan buenos ó mejores resultados, tal vez, que algunos de los que nosotros hemos empleado : no vacilariamos pues en adoptarlos si se viera que realmente ofrecen ventajas en la práctica.

Poco tenemos que decir acerca del sistema de M. Achard, cuyo freno eléctrico hemos descrito extensamente en el capítulo anterior, así como de los medios de trasmision de que se vale para lograr el efecto automático por la circunstancia misma de hallarse dos trenes á cierta distancia uno de otro.

Tiene, como hemos visto, dos partes distintas el sistema de Achard: la primera destinada á echar simultánea ó sucesivamente todos los frenos de un tren con solo que el maquinista ó el fogonero cierren el circúito de un generador que llevan los trenes; la segunda, imaginada por el autor para hacer automáticos sus frenos, es tan semejante á nuestro sistema, que M. Achard ha dejado, desde que tuvo conocimiento de este, de pretender para sí mas que la primera parte de su privilegio, relativa al freno eléctrico.

No es nueva la idea de ponerlo en accion por medio de la electricidad, ni la de conseguirlo simultáneamente en todos los carruajes por medio de un solo circúito eléctrico; con escasas variantes se propusieron esto mismo algunos otros antes que Achard, y en nuestro sistema habiamos descrito el medio de obtener automáticamente, no solo una señal de alarma, sino los medios de cerrar el regulador de la entrada del vapor en los cilindros y de hacer obrar los frenos, ya fueran estos los que hoy se emplean, ya de otra forma que

indicábamos; pero sin creer enteramente mala la idea, la hemos abandonado, tanto porque consideramos mas importante la cuestion de las señales automáticas, como porque el freno eléctrico de Achard llena mejor las condiciones de esta parte del problema de seguridad.

Al dar cuenta del sistema de Achard, hemos hecho ver en qué consiste el mérito de su invencion; no creemos por lo tanto necesario insistir en lo fecundo de la idea de combinar el efecto mecánico continuo y poderoso de la marcha del tren con el de un electro-iman, cuya aplicacion directa hubiera sido imposible hoy, por las dificultades que habia encontrado Nikles, y de que dimos noticia al finalizar el capítulo IX.

El resultado que se propone obtener Achard con su ingenioso mecanismo es seguro; nadie puede dudar de que se produzca el efecto de echar los frenos con toda la regularidad y eficacia apetecidas; la única dificultad está en el establecimiento de la corriente al través de todos los carruajes del tren, de modo que no impida la pronta reunion y separacion de algunos de ellos en las estaciones en que esto suele hacerse. Nosotros no dudamos que se consiga, pero echamos de menos en las descripciones del sistema de Achard la explicacion de los medios de que se vale para ello; medios interesantísimos, porque en ellos estriba, como se ha dicho, la única dificultad que se encontrará al hacer los ensayos en grande escala. El sistema propuesto por Mirand no seria suficiente, pero podria tal vez modificarse con buen éxito.

Los sistemas de Scias y Peudefer, que terminan el capítulo anterior, y otros varios, cuyas copias no hemos podido procurarnos, fundados en el mismo principio, son tan incompletos, á pesar de haberse presentado con posterioridad al nuestro, que nos abstenemos de entrar en su exámen. Por otra parte, es tiempo ya de dar fin á este trabajo, demasiado largo tal vez, y no podemos hacerlo antes de resumir en un paralelo las ventajas é inconvenientes de mas bulto que presentan los

principales sistemas que acabamos de examinar, para deducir por este medio las consecuencias que han de llevarnos á la eleccion del que ofrezca mayor seguridad y mas fácil aplicacion á los caminos de hierro.

Si consideramos los nueve grupos en que hemos dividido los sistemas usados, ó que se han propuesto para la seguridad en los caminos de hierro, vemos que hay en cada uno de ellos alguno mucho mas completo que los otros, y que con ligeras modificaciones llegaria á reunir todo lo que tienen de bueno los demás; hay grupos que pueden desde luego eliminarse de un paralelo hecho con el fin de elegir el sistema mejor y mas completo, porque el objeto de los comprendidos en él es tan limitado, que aun cuando los inventos llenaran perfectamente las condiciones que se habian propuesto sus autores, podrian servir, cuando mas, de auxiliar ó de complemento á otro sistema mas general. En este caso se encuentran el telégrafo portátil de Breguet, el sistema eléctrico de Achard y aun el sistema de Mirand, á pesar de que como hemos podido observar, se establece la comunicacion entre el maquinista y el guarda del último carruaje de un tren por medios mas sencillos, segun el sistema general que proponemos.

Hemos dicho ya, de acuerdo con M. Couche, y sostendrémos siempre, que sea cualquiera el sistema de seguridad que se adopte para un camino de hierro, conviene no suprimir el telégrafo ordinario establecido entre las estaciones para trasmitirse las órdenes y avisos que son siempre indispensables en la explotacion de un ferro-carril, ni introducir en él mas modificaciones que las que fuera conveniente establecer, ya porque llegara á hacerse realizable en la práctica la trasmision simultánea de dos despachos en direccion contraria por el mismo alambre, ya porque los aparatos de Breguet ó los de Siemens pudieran reemplazarse con otros mas sencillos y de tan fácil interpretacion. Como el telégrafo ordinario sirve muy bien para avisar de una estacion á otra la salida y

llegada de un tren, creemos que no es aceptable la primera parte del sistema de Regnault ni ningun otro que tenga el objeto *exclusivo* de indicar la salida y llegada de un tren. La segunda parte del mismo sistema de Regnault, reducido á que se pueda pedir auxilio á los depósitos desde ciertos puntos de la via, no es mas útil que la primera; porque con el telégrafo portátil de Breguet se consigue un resultado infinitamente mas completo, permitiendo, como permite, comunicar con las estaciones desde un punto cualquiera de la via, sin aumentar el número de conductores; opinamos pues que este telégrafo echa por tierra cuantos sistemas se propongan solo establecer una comunicacion no automática con las estaciones desde los trenes. ¿Son mas útiles estas comunicaciones cuando se hacen automáticamente? Tampoco lo creemos; porque tendrian el inconveniente de ser confusas, tal vez irrealizables, cuando marcharan mas de dos trenes en el intervalo de dos estaciones, á menos que no se establecieran tantos conductores como trenes hubiesen de circular; y á pesar de este costoso medio de resolver el problema, quedaria en pié la dificultad que hemos indicado para todos los sistemas que se valen de interruptores, distribuidos á lo largo de la via, para hacer marchar la aguja de un contador donde cree ver el empleado de la estacion el poste kilométrico en que se halla el tren.

Ahora bien, si esta manera de señalar puede inducir á error; si el aparato, por bien que marche, no marca siempre la verdadera situacion de los trenes, ¿de qué sirve hacer semejante indicacion? ¿Qué importa que su objeto sea solo tranquilizar ó alarmar á los jefes de las estaciones, que nada pueden hacer, como en el sistema de Breguet? ¿A qué conduce que desde estas sea posible que un empleado trasmita una señal de alarma ó una órden de marcha, como en el invento de Tyer, ó bien que el aparato produzca por sí mismo la alarma en los dos trenes, como cree conseguirlo Du Moncel? Los avisos llegarian demasiado tarde ó cuando no hubiera necesidad de ellos, como lo hemos demostrado en este mismo ca-

pítulo, al tratar de los sistemas de Bellemare y de Du Moncel.

De cuantos hemos dado á conocer en esta obra, solo cinco parecen disputarse la preferencia, como sistemas generales de seguridad. Todos los hemos descrito y examinado en los cuatro últimos capítulos con la latitud necesaria para que la simple lectura de ellos baste á hacer formar un juicio comparativo; pero resumirémos en pocas palabras los resultados que produce cada uno de los cinco, y los principales inconvenientes que se opondrian á su adopcion.

El de Regnault, que es el primero en fecha, y que ha tenido la fortuna de ser aceptado en alguna línea férrea, tiene solo por objeto avisar de una estacion á otra la salida de los trenes, y facilitar á los guardas de la línea los medios de pedir auxilio en caso de accidente, con unos aparatos fijos en los postes de 4 en 4 kilómetros. Uno y otro resultado, lo hemos dicho ya, se consiguen con el telégrafo ordinario y el telégrafo portátil de Breguet, con la diferencia de que este último es mas eficaz, en nuestro concepto. Regnault no se ha propuesto mas que simplificar el medio de hacer la trasmision, desconfiando de la inteligencia y del cuidado de los empleados; ha hecho de ellos unas máquinas, que con solo dar vueltas á un manubrio avisan la salida y llegada de los trenes ó piden ayuda en caso de accidente. No dirémos nada en contra de esta conversion del hombre en máquina; pero no faltará quien crea que no es como mejor partido puede sacarse de un ser racional, y desde luego, máquina por máquina, no elegiriamos la humana como mas infalible; la superioridad del hombre está toda en su inteligencia.

Pero dejando esto á un lado, la seguridad que proporciona el sistema de Regnault estriba solo en que quede en las estaciones una señal permanente mientras el tren no haya llegado á su destino; señal que solo puede hacer desaparecer e empleado de la estacion adonde se dirige; y suponiendo que esto sea una gran ventaja, lo cual ponemos en duda, porque si la señal puede desaparecer por el descuido ó mala volun-

tad de los empleados, no es de suponer que haya mas peligro en que cometan la falta los de la estacion de salida que los de la de llegada; pero suponiendo, repetimos, que esto sea una gran ventaja, ¿cómo la consigue Regnault? No permitiendo que haya mas de un tren entre dos estaciones, ó si hay mas de uno, además de exigir nuevos conductores, quedan expuestos ambos á todos los peligros que corren en los caminos de hierro donde no se conoce su sistema. ¿Pretenderá nadie que este llene las condiciones apetecidas?

No difiere el de Tyer del de Regnault sino en que además de avisar la llegada y salida de los trenes, cierra, al pasar por ciertos puntos de la via, un circúito eléctrico en que se encuentran los aparatos que lleva la locomotora y los que hay en la estacion; así puede el maquinista saber, cuando se sabe antes en la estacion, que la via se halla libre; pero si no recibe la señal positiva de marchar, tiene que esperarla, y ya hemos expuesto las dificultades que nos ocurren sobre este particular.

Tiene además este sistema, como el de Regnault, el grave inconveniente de exigir que no haya mas que un tren entre dos estaciones; es verdad que las multiplica, mas si por acaso entraran dos, quedan tambien expuestos á toda clase de peligros.

Aunque posterior á todos en fecha, nos harémos ahora cargo del sistema de Bonnelli, y pocas líneas necesitarémos para ver si es mas aceptable que los otros; basta, en efecto, indicar cuál es el objeto que se ha propuesto su autor: comunicar *todos los trenes* que recorren una línea férrea entre sí y con las estaciones, cualquiera que sea la distancia á que se hallen y siempre que el empleado especial que va en ellos tenga á bien hacerlo.

Aparte de la dificultad de conseguir esto, punto que ya hemos examinado, ¿qué ventajas resultan de comunicar dos trenes que están á 20 ó 100 kilómetros? ¿Irán funcionando continuamente todos los telégrafos de todos los trenes? y en-

tonces ¿quién podria entenderse? ó ¿funcionarán unos despues de otros á intervalos regulares? y en ese caso ¿quién le asegura á Bonnelli que no necesitará dar ó recibir un aviso alguno de los que están inactivos?

Creemos inútil volver á repetir cuanto hemos dicho en este capítulo para probar lo absurdo del sistema de Bonnelli; basta hacerse cargo de lo que se propone obtener y de lo que realmente hace falta en un camino de hierro.

Quedan por comparar nuestro sistema y el de Du Moncel. Este, para condenar el primero, ha hecho las objeciones que destruimos en la pág. 432 y siguientes; es una la dificultad de aislar el conductor general, otra el obstáculo que opondria á la circulacion, y se funda en ellas para declarar la superioridad de los sistemas de interruptores en la via, y particularmente del suyo, que considera y es realmente el mas completo de ellos. Nosotros hemos hecho ver que precisamente la circunstancia de valerse de interruptores en la via, por medio de los cuales marcha un contador en la estacion, es lo que hace ineficaz el invento de Du Moncel; lo recordarémos en pocas palabras, y demostrarémos despues que aun sin existir esa dificultad, está muy léjos de ser un sistema tan completo como el nuestro.

La señal entre dos trenes que van á chocarse proviene, en el del físico francés, de la aproximacion de dos agujas que corren en una muestra ó contador á impulsos de la corriente eléctrica que se establece en el aparato, cada vez que al pasar el tren por un interruptor, fijo de distancia en distancia á lo largo de la via, se cierra un circúito eléctrico; ahora bien, como todo el mundo sabe que los trenes se ven obligados, y esto ocurre con frecuencia, á marchar hácia atrás en algunos momentos, el tren puede pasar dos y tres veces por el mismo interruptor, y como cada vez que pase, la aguja avanzará un diente, resulta que no es posible que en el contador se marque la verdadera posicion de los trenes; las agujas pues se aproximarán y darán una señal de alarma cuando no sea

necesario algunas veces, demasiado tarde otras. ¿Puede esto compararse con el sencillo método de establecer el circúito, y de obtener por consiguiente la señal en nuestro sistema? No por cierto. En él, despues que el telégrafo ordinario ha avisado á la otra estacion la salida del tren, este queda independiente de ella, y no se comunica por medio del telégrafo portátil de Breguet sino cuando es absolutamente indispensable; pero en cambio el tren va preparado para conocer á una distancia conveniente la aproximacion de un peligro; ya sea otro tren marchando en la misma ó diferente direccion; ya una barrera, puente, aguja ó tornavía mal colocada; ya en fin un obstáculo de los que pueden llamarse extraordinarios y que un guarda ve, pero que no tendria tiempo de anunciar, ó medios de hacerlo, si lo percibiese algo tarde para colocarse en sitio apropiado, ó si ocurriera el caso en tiempo de niebla : tiempo en que, segun M. Couche, debe considerarse toda la via como punto peligroso, y adoptarse en ella el sistema de Bonnelli modificado, que cree indispensable ó muy útil para dichos puntos.

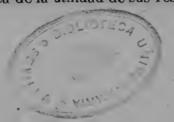
Y ¿de qué medios nos valemos para conseguirlo? ¿Son mas complicados que los que propone Du Moncel? De ninguna manera: nuestro sistema está fundado en uno de los principios mas conocidos de la electricidad; es uno de los casos mas sencillos y que da lugar á menos dudas: dos generadores eléctricos, establecidos sobre el mismo circúito, con los polos opuestos sobre el mismo conductor, ó con corrientes de intensidad distinta, cuya diferencia basta á producir una señal. Esta es segura y suficiente para advertir el peligro al maquinista. Un conductor aislado, un generador eléctrico, con su conmutador ó sin él, en cada tren, y un aparato de alarma delante del maquinista, hé aquí todo lo que se necesita para obtener el resultado; los que tachen de complicado nuestro sistema no lo comprenden, y confunden el caso general, el de un tren que va á chocarse con otro, único que han tomado en consideracion los otros inventores; el principio, en una pala-

bra, con la multitud de casos particulares, de que no se hacen cargo los demás, y que nosotros resolvemos con los mismos aparatos, sin mas variaciones que las indispensables en el mecanismo de ciertas partes del camino, para que en cada caso se cierre automáticamente el circúito por el hecho de no hallarse las piezas de él en su posicion normal.

Du Moncel, aun cuando su sistema no fallara por el principio mismo en que está fundado, no evitaria mas que el caso de choque entre los trenes; nosotros prevenimos este, ya marchen en una direccion, ya en otra; evitamos los peligros que ocasiona una barrera abierta ó cerrada indebidamente; la mala posicion de las tornavías, puentes levadizos y giratorios, y los diferentes riesgos que pueden presentarse en las agujas de los cambios de via.

Los guardas de la línea, con medios mas sencillos y eficaces que todos cuantos se usan y se han propuesto hasta el dia, si hay un obstáculo interpuesto en el camino, desde el punto mismo, y sin desatender la inspeccion del resto de la línea, avisan al maquinista; este comunica sin dificultad con el guarda del último carruaje, quien le responde con el aparato de alarma, sin necesitar para ello de conductores especiales como en el sistema de Mirand. En una palabra, la mayor parte de los multiplicados accidentes que han cubierto de luto á mil familias desde la creacion de los caminos de hierro, desaparecerian con nuestro sistema ó quedarian reducidos á muy corto número.

Esta idea, que nos animó desde el primer momento en que emprendimos nuestros trabajos, se ha arraigado mas y mas á medida que avanzábamos en ellos; crecia con las objeciones racionales que se nos proponian y resolviamos diariamente, ó con las mas absurdas que la sana razon bastaba para rechazar; y en fin, llegó á ser evidente cuando ejecutamos los ensayos cuyos resultados constan en los documentos insertos en el apéndice adjunto; y si alguna sombra de duda pudiera quedarnos acerca de la utilidad de sus resultados, han veni-



do á desvanecerla los ensayos de otros sistemas menos buenos (no vacilamos en decirlo; porque no seria modestia, sino falta de fe), y el juicio que acerca de ellos y del nuestro han emitido los mismos que lo han querido impugnar, á veces sin examinarlo.

No pretendemos haber hecho una cosa perfecta; nó, somos los primeros en reconocer que podrán perfeccionarse los medios de aplicacion, y que esta gloria está reservada á hombres mas competentes; pero sí creemos que nuestro trabajo es útil, que es nuevo, y que como tal merece la atencion y la indulgencia de los que lo examinen. En el curso de esta obra hemos dado á conocer las causas que en nuestro concepto se oponen y se opondrán á que se adopte; pero no pueden ser eternas, y nos anima la esperanza de que mas ó menos tarde, con mas ó menos modificaciones, contribuirá á mejorar ese medio de locomocion que tropezó al nacer con no menores inconvenientes, pero que ha logrado al fin ocupar el rango que merecia. ¡Felices mil veces nosotros si llegamos á ver planteado nuestro pensamiento, por mas que cambie de forma, por mas que contribuya solo á la gloria del que tenga la fortuna de presentarlo en momentos mas propicios y oportunos!

FIN.

APÉNDICES.

APÉNDICES.

I.

(Apéndice al capítulo v.)

Nuevo modo de producir una corriente eléctrica por el magnetismo terrestre.

En la sesion de la Academia de Ciencias de Paris del 16 de noviembre de 1857 se leyó la siguiente nota de M. Lamy:

«Me propongo producir económicamente corrientes eléctricas de gran tension, valiéndome de la accion magnética de la tierra.

»Se sabe que en todas las máquinas de vapor fijas hay una rueda de hierro fundido para regularizar el movimiento, verdadero depósito de fuerza, que se llama *volante*. Cuando se halla en reposo, el volante está imantado por la accion del globo; y cuando se mueve, lo está tambien; pero el magnetismo se distribuye de otra manera, y varía constantemente en un trozo dado de la llanta. Si en una parte de esa llanta, tomada como alma, se envuelve, perpendicularmente á su direccion, un alambre de cobre cubierto de seda ó de algodon, se formará una hélice, que puede asemejarse á la de un aparato de Clarke; solo que en vez de dar vuelta ante los polos de un iman permanente, lo hará ante el iman terrestre. Además de eso, y gracias al tamaño del núcleo metálico, se podrá multiplicar considerablemente la cantidad de alambre, sin llegar al límite de la accion inductiva; y por lo tanto se aumentará la resistencia del circúito, y con eso la tension de la corriente producida.

»Hay que observar que en este aparato se aprovecha un movimiento necesario, y que algunas docenas de kilógramos de alambre añadido al peso de un volante de 4 á 5,000 kilógramos no pueden oponer una resistencia notable ni perjudicar al efecto de la máquina, que para trabajar con regularidad necesita ese gran peso.

»En la memoria que presento, doy á conocer las dimensiones, el peso y la orientacion del volante de que me he servido; su estado magné-

tico complexo cuando se halla en reposo ó en movimiento, la influencia directa de la tierra en la hélice de la llanta, y en fin, los límites que he creido deber dar á la longitud de las hélices, con arreglo á la velocidad del volante. He montado tres hélices de 27 á 33 centímetros de largo con alambres de cobre de 1,85 milímetros el primero; de 1,1 á 1,4 milímetros el segundo, y de 0,6 á 0,62 milímetros el tercero; y de una longitud de 600, de 2,000 y de 5,450 metros respectivamente.

»Con la segunda hélice se obtuvo una chispa débil, pero las conmociones producidas por la extra-corriente fueron enérgicas. La tercera hélice, sola ó acoplada con la segunda, produjo efectos de tension comparables á los de una pila compuesta de dos elementos de Bunsen. Todas las disoluciones salinas que sometí al experimento, el agua de pozo y aun el agua destilada perfectamente pura se descomponian empleando los electrodos de platino.

»Las corrientes eléctricas, cuya económica produccion indico, podrán desarrollarse con una intensidad variable en la mayor parte de las fábricas donde haya un volante de hierro fundido, y no creemos aventurado predecir su importancia, y asegurar que sus variados efectos se aplicarán algun dia con utilidad.»

II.

(Apéndice al capítulo VIII.)

Aplicacion del vapor á la trasmision eléctrica.

Llama mucho la atencion en Inglaterra un nuevo sistema de trasmision eléctrica inventado por Mr. Boggs, quien asegura podrian trascribirse con él doce columnas del *Times* en menos de una hora. *La* LENTITUD de los actuales sistemas telegráficos es la que ha provocado las reflexiones del inventor, y lo han conducido á hacer su descubrimiento. Se tendrá por paradójica la palabra *lentitud* cuando se trata de un agente capaz de recorrer 310 millones de metros (1) en un segundo; por eso Mr. Boggs no condena sino la torpeza de tener asociados el tardo trabajo del empleado que trasmite con la instantánea rapidez del flúido eléctrico. Este es un servidor excelente, veloz como el pensamiento, que obedece á un amo de una lentitud extraordinaria, que tarda mil veces mas en formular sus órdenes que en verlas ejecutadas. El problema, pues, consiste en hacer que la trasmision eléctrica propiamente dicha, sea independiente del trabajo de traducir el lenguaje ordinario en signos convencionales, para reproducirlos por la imantacion intermitente, base de la telegrafía electro-magnética; Mr. Boggs propone la siguiente resolucion, en que se sirve del vapor como auxiliar de la electricidad.

Dispongamos, dice, una série de tiras de gutta-percha de seis pulgadas de ancho próximamente por tres líneas de grueso, que se arrollan en unas ruedas ó tambores hechos *ad-hoc*. Estas tiras tienen en ambas orillas unos agujeros abiertos á distancias iguales y muy cortas, donde se van plantando alfileres de cobre cuando hay que trasmitir un parte. La sucesion de los alfileres uno á uno, dos á dos, ó con uno ó varios agujeros de intervalo sin alfiler, ofrece todas las combinaciones que pueden desearse para los alfabetos telegráficos, desde el mas sencillo al mas complicado. De esta manera se componen los partes segun una tipografía convencional, con una rapidez variable, pero que puede llegar á ser muy grande teniendo empleados prácticos;

(1) Segun los experimentos de Fizeau y Gounelle, citados en la pág. 392 del tomo I, la velocidad de la electricidad es de 100 millones de metros por segundo, en un alambre de hierro de 4 milímetros de diámetro, y de 180 millones en un alambre de cobre de 2 ½ milímetros.

es absolutamente una imprenta, en que cada cajista tiene su caja delante de sí y hace separadamente un trabajo, al cual no le falta mas que la rápida formalidad del tirado para darle vida y reproducirlo indefinidamente. Todo el tiempo que tardaran los empleados del telégrafo en componer un parte, el conductor eléctrico estaria libre para trasmitir otros; ventaja inapreciable por sí sola (como lo han hecho ver Bain, Froment y algunos mas), pero que afortunadamente no es única. En efecto, una vez guarnecidas las tiras de gutta-percha con sus alfileres, no queda ya mas que la segunda parte de la operacion, que es rápida como el pensamiento, y se reduce á colocarlas en los tambores arriba mencionados, teniendo cuidado de que no se trastorne el órden de los alfileres; hecho esto, se ponen en comunicacion con una máquina de vapor arreglada de manera que haga pasar con regularidad las tiras de gutta-percha entre los polos de una pila eléctrica, dispuesta de modo que en el momento en que la cabeza del alfiler llegue al punto sensible, la comunicacion eléctrica se establezca instantáneamente, y la señal se trasmita al extremo de la línea ó líneas, donde la electricidad traza sus intermitencias en tiras de papel preparadas al efecto.

La velocidad de la máquina de vapor para desarrollar las tiras de gutta-percha no tiene mas límites que los que determina la experiencia. De todos modos, hay un hecho probado por experimentos repetidos con frecuencia, y es que basta un contacto de $\frac{1}{200}$ de segundo para que el conductor trasmita la electricidad al otro extremo, por largo que sea, y la imantacion desarrollada en este espacio de tiempo tan corto produzca su efecto.

Es fácil hacerse cargo de la rapidez que pueden tener las comunicaciones con la ingeniosa idea de Boggs, de separar la composicion de un parte de su trasmision, y hacer esta por medio del vapor; porque apenas se desarrollaran las tiras de gutta-percha de un tambor, y se necesitaria poco tiempo, podrian ponerse otros en su lugar; y esta sucesion de partes no estaria limitada sino por la proporcion numérica de los encargados de fijar los alfileres de cobre, segun los datos del alfabeto que se hubiere adoptado convencionalmente.

(*L'Ami des Sciences*, 13 de diciembre de 1857.)

III.

(Apéndice á los capítulos XIII y XV.)

Artículo inserto en el Diario de Valognes del 20 de mayo de 1853 por M. Du Moncel.

«Varias son las clases de accidentes que pueden ocurrir en los caminos de hierro; pero los que se reproducen con mas frecuencia provienen del retraso de algunos trenes, de que otros se adelantan, y de la ruptura de las cadenas que sirven para unir los carruajes entre sí. No hablo de los descarrilamientos, porque desgraciadamente es muy difícil aplicarles un remedio eficaz; pero en los demás casos la electricidad es un auxiliar precioso; y por medio de ciertos aparatos de que vamos á hablar, no sólo ha podido pedirse socorro á las estaciones en caso de percance, sino advertirles continuamente el paraje de la línea en que se halla cada tren; y se ha llegado hasta el punto de que si llegasen á desengancharse algunos carruajes, el fogonero que queda con la máquina lo advierte inmediatamente. Todos los aparatos que producen dichos efectos han recibido el nombre de *Monitores eléctricos*.

Monitor eléctrico para los caminos de hierro.

»Este aparato se instaló por primera vez en 1847 en el camino de hierro de Saint Germain; se compone principalmente de un cronógrafo, análogo al que hemos descrito (*en otro artículo sin duda*), pero combinado de manera que las diferentes indicaciones puedan comprobarse de una estacion á otra, admitiendo en todo el trascurso de la línea un mínimum de velocidad para cada vuelta del disco ó muestra del cronógrafo.

»De kilómetro en kilómetro se hace una derivacion de la corriente eléctrica que circula por el alambre telegráfico de la línea, para que vaya á parar á una plancha con goznes montada sobre las barras-carriles, la cual bajándose al pasar los trenes, cierra el circúito con la tierra. La corriente obra entonces sobre un electro-iman que hace marcar á la aguja del cronógrafo una señal que indica el momento en que el tren pasa por delante de tal ó cual poste kilométrico. Se concibe que con un mecanismo muy sencillo se puede hacer que todas las señales queden marcadas en una línea en espiral, y que esto se verifi-

que por consiguiente en un espacio de tiempo mas ó menos largo. Contando el número de las señales, y comparando la fraccion del intervalo comprendido entre ellas con las divisiones en que se ha graduado el cronógrafo, se pueden conocer los puntos de la línea en que se encuentra el tren, con pocos metros de diferencia.

»El cronógrafo que he indicado al fin del capítulo precedente (*siempre refiriéndose á otro trabajo anterior, inserto en el mismo periódico*), puede emplearse fácilmente con el mismo objeto.

»Tal como acaba de describirse, este instrumento indica perfectamente las posiciones de un tren solo; pero sucede muchas veces que los trenes se siguen á una distancia mas corta que la que separa dos estaciones consecutivas, ó bien se cruzan. En este último caso, como la via no es la misma, basta un aparato doble y una doble derivacion de la corriente. En el primer caso es indispensable valerse de un mecanismo adicional, y podria consistir simplemente en un relevo, que despues de haber pasado el primer tren por delante de cada poste kilométrico, trasladase la corriente de un cronógrafo á otro, ó mas bien de la muestra del primero á un segundo cronógrafo, y de este á un tercero, segun la distancia á que se hallasen las diferentes estaciones. Cada muestra corresponderia á un tren, y se podria así seguir el movimiento de estos durante todo su trascurso. Por medio de otro mecanismo se conseguiria hacer señales automáticas en caso de aproximarse mucho, con solo establecer una relacion entre los cronógrafos y los discos de señales.»

La lectura de este artículo prueba hasta la evidencia cuán fundado era el razonamiento que hicimos en el capítulo XIII, para negarle á Du Moncel el derecho que se habia atribuido de considerarse como el primero que ha presentado un sistema en que dos trenes se hacen recíprocamente señales automáticas, por el hecho solo de aproximarse demasiado el uno al otro. (*Applications de l'Electricité,* t. II., pag. 221, 2.e édition.) El documento que acabamos de trascribir, y en el cual funda Du Moncel su derecho, lo que prueba es, que en mayo de 1853 no pensaba siquiera en dar forma á un sistema en que se llenaran dichas circunstancias, como lo hizo posteriormente, en abril de 1854, siete meses despues que nosotros. En mayo de 1853, como lo confiesa él mismo en la carta con que nos remitia el artículo que acabamos de copiar, no pensó mas que en relacionar los discos de señales ordinarias con los cronógrafos del sistema de Breguet, como un medio de perfeccionar este; mejora cuyos efectos están muy léjos de ser lo que se propuso con su sistema de 1854, y habiamos conseguido ya nosotros en octubre de 1853.

IV.

(Apéndice á los capítulos XIV y XV.)

Juicio emitido por M. Du Moncel acerca del sistema de Bonnelli.

Si es dudosa la importancia de los inventos de M. Bonnelli, como tendrémos ocasion de demostrarlo, no puede negársele una habilidad particular para hacerlos valer. Ningun descubrimiento científico ha hecho tanto ruido como los experimentos verificados por este sábio el otoño último (de 1855) en el camino de hierro de Versailles. Todos los periódicos de Francia y del extranjero hablaban de él, y hasta le concedian los honores de la primera página; es verdad que despues de los tristes accidentes ocurridos en algunos de nuestros ferro-carriles, la opinion pública alarmada pedia á gritos los medios de evitarlos, y M. Bonnelli llegó en el momento oportuno para dejar entrever esos medios, que no eran nuevos sin embargo. Es cierto tambien que M. Bonnelli era extranjero, recomendacion muy grande para algunos periodistas franceses. Pero ¿qué importa?... M. Bonnelli aparece como inventor de esos medios de seguridad, y la mayor parte de las gentes, ignorando lo que habia en la cuestion, le consideraron como tal, á pesar de que es uno de los últimos inscritos en la lista de los inventores que han tratado de resolver ese problema.

El principio del sistema de Bonnelli es exactamente el mismo que el del sistema precedente (el de Tyer) (1). Como en él, la corriente trasmitida á una barra de hierro aislada en medio de la via, pasa al tren en movimiento por medio de un frotador móvil, solo que la barra, en vez de tener 6 metros de longitud, y de colocarse en mas de un punto entre las estaciones, ocupa la via en toda su extension, y permite por lo tanto establecer una relacion metálica continua, no solo entre las estaciones y los trenes en marcha, sino entre los trenes mismos. Establecida la relacion metálica, puede obtenerse una correspondencia completa, y con su auxilio saberse siempre en los trenes la posicion respectiva que ocupan.

La idea de la barra continua no es nueva ciertamente, y puedo asegurar por mí que habia pensado en ello antes de combinar mi sis-

(1) Hemos dado nuestra opinion acerca de esa pretendida identidad, en la página 336.

tema. Es probable que los señores Tyer, Castro (1), Maigrot y otros muchos hayan pensado tambien; pero esta idea no podia menos de desecharse despues de haber reflexionado con madurez, tanto por el gasto considerable que debia ocasionar la instalacion de semejante barra, como por la dificultad de aislarla, y lo embarazosa que debia ser para los trabajos de reparacion en la via. Al poner en práctica su sistema, fué pues M. Bonnelli mucho mas atrevido que sus predecesores, y en eso está el secreto de su triunfo momentáneo; porque, preciso es confesarlo, sus primeros ensayos tuvieron un éxito completo:

Audaces Fortuna juvat.

Por desgracia, la experiencia no ha tardado en demostrar que este sistema era casi irrealizable en la práctica. En efecto, al cabo de un mes de ensayos, la barra continua establecida entre Argenteuil y Saint Cloud se habia roto cinco veces al levantar las traviesas, y se habian establecido en mil puntos derivaciones de la corriente; en fin, tuvo que quitarse, porque era un verdadero estorbo para el servicio del camino.

(Pasa Du Moncel á hacer la descripcion del sistema de Bonnelli, y despues de decir cómo se avisan mútuamente los trenes su situacion en la línea, añade:)

Ahora bien; ¿es seguro este modo de trasmitir las corrientes? Permítaseme dudarlo; porque con las diferentes bifurcaciones de que acabamos de hablar, debe suceder algunas veces que la pregunta hecha á un tren la reciba otra estacion si está mas cerca; por otra parte, si la corriente trasmitida tiene que vencer en los circúitos derivados que halle al paso, una resistencia casi igual en todos ellos, lo cual supone dos trenes y una estacion colocados á igual distancia del tren que trasmite, la corriente se dividirá, y no podrá hacer marchar ningun aparato; en fin, si dos trenes quieren hablar al mismo tiempo, las corrientes se neutralizarán mas ó menos; porque variando continuamente la resistencia de los circúitos, no son eficaces los medios nuevamente inventados para trasmitir simultáneamente dos partes en direccion contraria. Así pues, además de las pérdidas que debe ocasionar infaliblemente el mal aislamiento del conductor, hay tres causas de perturbacion en la trasmision de los partes, que pueden reproducirse con frecuencia.

Además, para el manejo de un telégrafo tan difícil de interpretar

(1) En la pág. 417 hemos declinado la honra que nos hace Du Moncel, demostrando que no pudimos pensar en una cosa que echaba por tierra nuestro principio y que desde el primer momento tratamos de evitar.

como es el de Wheatstone, son indispensables empleados especiales; los maquinistas no podrian encargarse de ese servicio, porque además de que necesitarian una instruccion particular, tienen otras atenciones durante la marcha del tren; harian falta, pues, tantos telegrafistas como trenes y estaciones hubiese en la línea. Pero aun suponiendo que las compañías pudieran hacer ese sacrificio, no queda resuelto el problema, porque la seguridad del tren dependeria siempre de la vigilancia del empleado que maneja el telégrafo; y por poco que se descuide en preguntar á los trenes que lo preceden y lo siguen, puede ocurrir un choque sin que haya habido ninguna señal de alarma.

Se necesita además un tiempo apreciable para entablar una correspondencia, y si el telegrafista se retrasa un poco, los dos trenes pueden acercarse tanto, que sea imposible detenerlos á tiempo. ¿Qué ganaria, pues, la seguridad de los caminos de hierro con esta correspondencia? Las señales *alto* y *continúe*, que en el sistema de Tyer y en el mio llegan oportunamente, ¿no dicen lo bastante? No habrá tiempo al detenerse delante de las estaciones de entablar una conversacion mas larga? En resúmen, me parece que este sistema ofrece pocas ventajas, pero tiene en cambio muchos inconvenientes.

(Du-Moncel.—*Applications de l'Electricité*, 1856, 2.e edition, tom. II, pág. 170.)

V.

(Apéndice á los capítulos XIV y XV.)

Objeciones al sistema de Bonnelli, propuestas por M. Victor Meunier.

(*Ami des Sciences* del 27 de enero de 1856.)

Nuestros lectores saben que el procedimiento de Bonnelli se funda en el empleo de los aparatos telegráficos ordinarios, combinados con un sistema particular de conductor metálico instalado en la via y en comunicacion constante con los telégrafos de las estaciones y de los trenes.

Este conductor se ha establecido recientemente en una de las vias del camino de hierro de Paris á Saint Cloud, desde la salida de las fortificaciones hasta la entrada de la estacion de Suresnes, es decir, en una extension de unos 8 kilómetros, y muchas personas pueden haber visto por sí mismas esta línea de ensayo, que va á servirnos para dar una idea sucinta del sistema.

Es una barra de hierro laminado, de $0^{m},020$ á $0^{m},025$ de altura y $0^{m},004$ de grueso, puesta de canto en el eje de la via, sobre unos aisladores de porcelana, fijos á las traviesas por unas varillas de hierro que los mantienen á $0^{m},10$ próximamente sobre el nivel de las barras-carriles.

En los puntos en que dicha barra encuentra un cruzamiento de vias ó un paso de nivel, como en Asnières, en la Sablière ó en Courbevoie, se interrumpe en una extension de 50 ó 60 metros; pero los dos extremos de la interrupcion se unen por un alambre cubierto de gutta-percha y enterrado.

Un conductor metálico, fijo al tren, establece la comunicacion entre la barra que acabamos de mencionar y el aparato telegráfico dispuesto en uno de los wagones. Dicho conductor es una especie de patin doble ó triple que toca la barra en varios puntos, en una extension de cerca de dos metros, y resbala sobre ella frotándola, por la accion de unos resortes, destinados á neutralizar el efecto de las oscilaciones que produce la marcha del tren.

En fin, los aparatos telegráficos adoptados por Bonnelli son galvanómetros de Wheatstone.

Se recordará que hace poco tuvo lugar un experimento, al cual dió cierto carácter oficial la calidad de las personas que asistieron. La administracion del camino de hierro del Oeste habia hecho disponer dos trenes, que contenian cada uno un carruaje salon, provisto de un aparato de correspondencia. Los dos trenes se seguian á una distancia de un kilómetro cuando empezaron á trasmitirse partes. El primero le mandó al segundo que se detuviera, y se alejó á toda velocidad, sin que la regularidad de la correspondencia se alterase en lo mas mínimo. Poco despues, por órden suya, se puso en movimiento el segundo tren, y lo siguió con una velocidad igual. Ambos trenes se hacian conocer mútuamente su posicion respectiva en la via; estaban separados por una distancia de 5 kilómetros próximamente, y marchaban con una velocidad media de 50 á 60 por hora. Los partes se trasmitian sin el menor inconveniente, y con la misma facilidad con que hubiera podido hacerse entre los aparatos de dos estaciones fijas.

Es inútil que nos detengamos en referir las preguntas y respuestas que mediaron; baste hacer constar que las órdenes expedidas se ejecutaron inmediatamente; que la velocidad respectiva de los dos trenes, su posicion con respecto á los postes kilométricos, su paso en tal ó cual minuto por tal ó cual punto de la via, se indicaban con exactitud é instantáneamente. Los dos trenes se reunieron en Saint Cloud, y allí los dos secretarios de la comision compararon las preguntas y respuestas, resultando una concordancia perfecta.

El éxito ha sido, pues, completo; y á pesar de eso, no participamos del entusiasmo de los periódicos que ven en el telégrafo de las locomotoras de Bonnelli un medio seguro de evitar la mayor parte de los accidentes que ocurren en los caminos de hierro.

Las preguntas y objeciones siguientes explicarán y justificarán tal vez nuestra reserva:

1.ª La correspondencia *voluntaria* se establece perfectamente por el sistema de Bonnelli entre dos trenes que ocupan una posicion regular, porque conocen sobre poco mas ó menos su situacion respectiva; pero los choques se verifican generalmente cuando un tren se halla en un punto donde no se esperaba encontrarlo, por haberse adelantado ó retrasado en la marcha, cerca de una bifurcacion, por una falsa maniobra de las agujas, ó por cualquiera otra causa accidental. ¿Cómo podria verificarse en este caso la correspondencia voluntaria? ¿Cuál seria la utilidad del sistema de Bonnelli?

2.ª La disposicion del conductor metálico instalado en la via hace que todo parte trasmitido se reciba en todas las estaciones y en todos los trenes que haya en la línea. Si se trasmiten dos ó varios partes al mismo tiempo, cada estacion ó tren los recibirá á la vez, con la con-

fusion de signos que es consiguiente, y serán por lo tanto indescifrables.

3.ª ¿Cómo se evitarán los accidentes de las barreras y de los puentes giratorios?

4.ª En el caso en que se rompa una barra-carril ó que haya un hundimiento, el guarda de la línea establece la comunicacion entre la tierra y el conductor para cerrar el circúito. El maquinista pregunta en qué consiste el peligro, y no recibiendo respuesta, comprende lo que es; pero ¿á qué distancia está el peligro? No puede saberlo. ¿Se halla delante ó detrás? Lo ignora. Será, pues, preciso que marche con prudencia, y esto algunas veces, para evitar un peligro que queda detrás, y otras, por una causa que se halla á 50 ó tal vez á 100 kilómetros de distancia. No se puede negar que esta incertidumbre debe comprometer extraordinariamente el servicio.

5.ª Para la trasmision de un parte es necesario un contacto permanente. La interrupcion del contacto en los pasos de nivel y en los cruzamientos de vias podrá interceptar una parte del despacho, y hacer que el resto sea ininteligible, si es que no cambia su sentido.

Este inconveniente no existe en el caso en que sea una señal que esté siempre pronta á reproducirse, y que solo se suspende el momento que tarda el tren en salvar la interrupcion.

Todo lo cual prueba que es muy limitado el uso del telégrafo de las locomotoras, y que no llena las principales condiciones del problema que se quiere resolver. A pesar de eso, el sistema de Bonnelli es una cosa excelente, porque abre el camino, y el surco que deja servirá para que pasen sistemas mas completos, como los de los Sres. Castro y Guyard.

(Para que no puedan inducir á error las últimas palabras de este artículo, véase lo que acerca de la prioridad entre los sistemas de Castro, Guyard y Bonnelli decimos en los capítulos XIV y XV.)

VI.

(Apéndice á los capítulos XIV y XV.)

Contestacion á las objeciones hechas por M. Victor Meunier al sistema de Bonnelli.

Uno de nuestros corresponsales (dice *L'Ami des Sciences* del 3 de febrero de 1856) contesta en estos términos á las objeciones que hicimos al sistema de Bonnelli en el número anterior :

« Supongo en primer lugar (y no es violenta la suposicion) que las administraciones de los caminos de hierro, ó mas bien el ministro del Interior ó el de Obras públicas adoptarán un reglamento para el empleo de la telegrafía. Cada estacion, cada puesto de guarda-línea, de guarda-agujas ó de guarda-barreras tendria un número de órden fijo, que no se confundiria con ningun otro en toda la extension de la línea. Estos puntos se habilitarian todos con un aparatito eléctrico, por medio del cual podrian los empleados, despues de tener alguna práctica, sin nocion teórica ninguna, trasmitir, con veinte señales á lo mas, su número de órden y los motivos por los cuales deberian los trenes avisados suspender ó moderar su marcha. De estos, los que partieran en la misma direccion durante aquel dia recibirian otro número de órden, ó se designarian por una letra A, B, C... AA... D *dup.*, L *ter.*, lo cual permitiria clasificar los trenes irregulares de mercancías y los extraordinarios. Nada de esto es imposible ni aun difícil; son los elementos de una organizacion.

»Sentado esto, supongamos que el tren F, que precede á otros varios, se vea obligado á detenerse por una causa ordinaria entre las estaciones 127 y 128; lo que habria que hacer es muy sencillo : trasmitir el siguiente parte : F — 127-128 — *retraso*. El tren que le sigue inmediatamente queda advertido de que debe avanzar con precaucion al aproximarse á las estaciones indicadas; y los que le siguen de mas léjos saben que no tienen nada que temer aun. Si por casualidad el tren retrasado se hallase en una de esas bifurcaciones llamadas estaciones de cruce, ó en una línea destinada á los trenes que marchan en direccion contraria, el parte, en vez de ser trasmitido por el jefe del tren, lo comunicaria el de la estacion. Creo que queda resuelta la primera objecion, dice el comunicante.

»La segunda no ofrece mas dificultades. Pongamos un ejemplo : que

el tren C esté á punto de llegar al término de su viaje, y que lo sigan los trenes D, E, F, G y H, ó mas, si se quiere; si ocurriera que los trenes D y G tuviesen que pasar algunos partes al mismo tiempo, resultarian indescifrables seguramente como decis; pero si el telegrafista de la estacion adonde se dirigen los trenes lleva un registro y ejerce cierta vigilancia sobre todos los que marchen en aquella direccion, empezará por hacer una señal, para ordenar á todos los trenes que interrumpan su correspondencia (y esta señal podrá ser una campanilla que él solo tenga derecho de hacer sonar); despues avisará á *C* que *hable*, si tiene qué. Respondiéndole este que no, ó no respondiendo, pasará á *D*, el cual hará entonces conocer lo que deseaba comunicar; de *D* pasa á *E*, despues á *F*, y así sucesivamente. Esta maniobra, que debe parecer larga y complicada, se haria, despues de tener alguna práctica, con tanta prontitud como un fuego de fila (1).

»Pasemos á la tercera objecion. Si uno ó varios carruajes tuviesen que dirigirse á un puente giratorio, el empleado á cuyo cargo estuviese el telégrafo en la estacion, avisa á los trenes que marchan hácia él lo siguiente, por ejemplo : 115 — *obstáculo momentáneo.* En cuanto á los accidentes que pudieran tener lugar en las barreras, bastaria combinar el telégrafo de Bonnelli con el sistema de Julienne, cuya descripcion disteis en el número del 15 de enero. Colocando en las dos vias, á ambos lados del paso de nivel, y á una distancia conveniente, un tope que chocara con otro, puesto en comunicacion con el aparato telegráfico del tren, y que pudiese oscilar hácia adelante y hácia atrás para permitir el movimiento retrógrado. Dispuestas las cosas de esa manera, siempre que un tren chocara con el tope, pondria en movimiento una campanilla situada en la garita del guarda de la barrera, que tendria tiempo de ejecutar la maniobra, si no hubiese una incuria imperdonable ó una maldad sin igual.

» Despues de lo que acaba de decirse, la cuarta objecion está resuelta de antemano; porque si ocurriese algun accidente de la naturaleza que indicais, el guarda lo haria saber inmediatamente á los trenes que peligraran; por ejemplo : 95 — *hundimiento ó rotura de carril*, etc. Hasta seria inoportuno derivar el conductor en el caso de que quedara en estado de servir, porque entonces todos los jefes de estacion, á

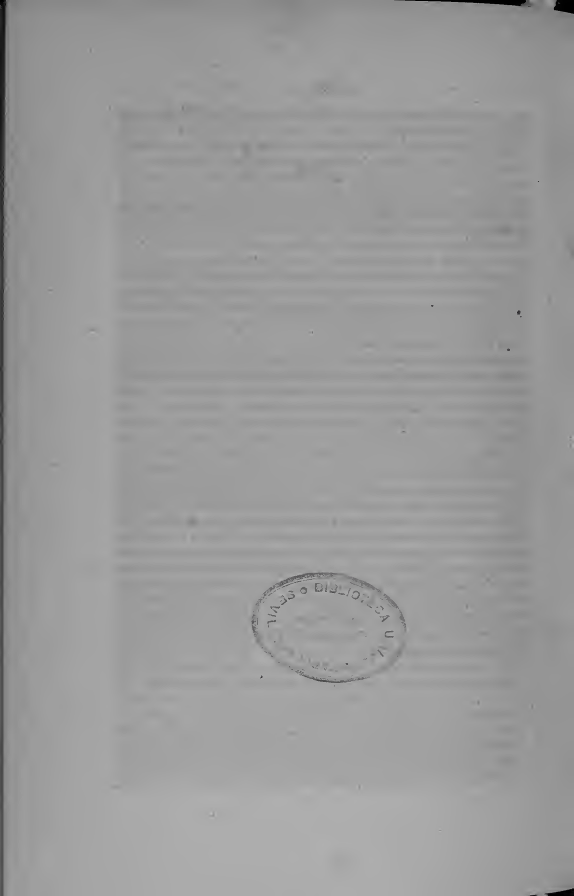
(1) No concebimos que esta respuesta se haya dado como una solucion formal de la objecion presentada por Meunier, y mucho menos por consiguiente que se haya hecho con la anuencia de Bonnelli, cuyo cargo de director de telégrafos parece ponerlo a cubierto de sentar semejantes absurdos en defensa de su sistema. Poco ó nada debe agradecer á la oficiosidad de su solícito admirador.

uno y otro lado de aquel sitio, podrian saber lo que pasaba, y dar las órdenes consiguientes.

»Si ocurriese, en fin, que el aparato eléctrico de un tren no estuviese en contacto con el conductor, como en los cruzamientos de via, esto no podria tener lugar sino cerca de una estacion; pero entonces el guarda-agujas, al observar esta imperfeccion en el servicio, la señalaria inmediatamente al tren que hubiera recibido un aviso equivocado, ó que no hubiese recibido ninguno. Pero habria además otro medio. Si el telegrafista de la estacion tuviese cierta autoridad sobre todos los trenes que marchan hácia él, podria exigir de todos ellos que repitiesen, por el órden que les tocase, el parte comunicado por uno de ellos ó por una de las estaciones; y como dicho empleado deberia tener aviso de la salida de todos los trenes á medida que se fueran poniendo en marcha, no podria haber ninguna omision en el órden ni en el número de los partes.

»He dicho que bastarian unas veinte señales para poner en práctica el sistema; en efecto, que un guarda-línea, guarda-barreras ó guarda-agujas sepa leer y escribir diez cifras, y otras tantas señales que signifiquen *alto*, *despacio*, *deprisa*, *hundimiento*, etc., y este sencillo vocabulario bastaria para todos los casos que pudieran presentarse.»

La publicacion de esta respuesta (añade despues M. Meunier) no somete á una prueba muy dura nuestra imparcialidad; el número, la complicacion y la poca seguridad de los medios propuestos para hacer que el sistema de Bonnelli se halle en estado de satisfacer las necesidades del servicio, demuestran su insuficiencia, y las líneas precedentes pueden mirarse como complemento de nuestra crítica. Sin embargo, si el sistema de Bonnelli no tuviese rivales, en la alternativa de aceptarlo ó no hacer nada, el establecerlo seria un verdadero progreso; pero afortunadamente no sucede así; existen otros sistemas mas completos que el del ingeniero sardo, y por consiguiente, le interesa al público que antes de tomar una resolucion definitiva se conceda á los demás sistemas un ensayo, como se ha hecho con el *telégrafo de las locomotoras*.



VII.

Informe de la comision encargada de examinar el sistema de Fernandez de Castro, á consecuencia de un ensayo preliminar.

CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.

Distrito de Madrid.

Ilmo. Sr.: A punto de verificarse ya el ensayo en grande del sistema de señales eléctricas para evitar accidentes en los caminos de hierro, ha deseado el autor que la Comision presenciase los ensayos en pequeño con los aparatos que ha traido del extranjero; porque de ese modo, si se confirmaban experimentalmente los resultados que ya en teoría hacia esperar la memoria que habia presentado anteriormente, y que ha tenido ocasion de estudiar la Comision, se conseguian dos objetos importantes:

Primero. Demostrar que con aparatos sencillísimos, fáciles de manejar, en muy corto número y con un volúmen insignificante, puede obtenerse una señal perceptible en una locomotora en marcha, y que esta señal se hace sentir instantáneamente á muy pocos segundos despues de haberse cerrado el círculo eléctrico.

Segundo. Simplificar el estudio de las dificultades ó inconvenientes del sistema; porque si en pequeño se hubieran presentado algunos que provinieran del principio en que se funda, hubiera sido inútil pasar adelante si el autor no introducia modificaciones capaces de vencerlos; y por el contrario, convencidos prácticamente de que el principio era exacto, de que los medios adoptados producian el efecto apetecido en un ensayo preliminar, si fallase el sistema al aplicarlo á los trenes en marcha, solo habria que buscar las causas en las diferentes circunstancias que concurriesen en el segundo ensayo; por ejemplo, en el medio de establecer la comunicacion entre el generador eléctrico y los conductores, en la disposicion de estos, etc.

Reconocida pues la necesidad é importancia de estos ensayos preliminares, se han verificado en la Escuela especial de minas, donde se hallaban los aparatos, y el resultado ha sido altamente satisfactorio, pudiéndose asegurar, en vista de él, que aun cuando el ensayo en

grande escala que ha de ejecutarse en el camino de hierro presentara dificultades, estas serian independientes del principio del sistema y de la bondad de los aparatos empleados, puesto que han funcionado perfectamente, y sí solo debidas á obstáculos ocasionados por la manera de aplicarlos, y de ningun modo insuperables, puesto que acaban de ejecutarse en Italia ensayos análogos á este, en que parece se han vencido los que pudieran temerse en las pruebas que faltan; en una palabra, si el sistema del ingeniero Sr. Fernandez de Castro no resolviera completamente, aunque no es de esperar, el problema de evitar accidentes por medio de la electricidad, puede decirse que está en camino de conseguirlo, y que se conseguirá positivamente; porque despues de las experiencias que se han hecho, solo pudieran consistir las dificultades en lo que, como se ha dicho, está ya salvado en otra parte.

Los ensayos se han hecho cerrando un circúito de 100 metros, y siempre que se ha cerrado ha habido una explosion bastante fuerte para ser oida por el maquinista en una locomotora en marcha, y la explosion ha sido siempre instantánea ó muy pocos segundos despues de cerrado el circúito, habiendo observado que esto último no tenia lugar sino cuando las pilas estaban recien cargadas, ó en la primera explosion obtenida despues de variar, disminuyendo, la intensidad de la corriente.

El generador eléctrico ha sido una pila de Bunsen de uno ó dos elementos, unida al multiplicador de corriente de induccion de Ruhmkorff, construido con las modificaciones propuestas y adoptadas por el ingeniero D. Gregorio Verdú. Este aparato, que no es del caso describir ahora, se halla encerrado en una caja que apenas tiene 18 pulgadas de largo por 9 de ancho y 7 de alto, la cual deja pasar los tornillos en que han de asegurarse los alambres que lo comuniquen con las pilas y con los conductores, y tiene además una abertura cubierta con un vidrio, que permite observar la luz eléctrica que continuamente se manifiesta en un punto, y asegurarse por consiguiente de que el aparato está en marcha.

Los elementos de la pila de Bunsen, mandados hacer expresamente segun las indicaciones del Sr. Castro, son de gutta-percha, y tienen la doble ventaja sobre los ordinarios de poderse llenar sin peligro de que se mezclen los líquidos, á pesar del movimiento de trepidacion de los carruajes, y de no romperse aunque reciban golpes de consideracion.

El aparato avisador que se interpuso en el circúito fué un pistolete de Volta de dimensiones ordinarias, pero modificado tambien por el autor del sistema en cuanto á la disposicion de las puntas, para que pueda variar la distancia entre estas, y se sujeten con facilidad y pron-

titud los alambres conductores: la carga de hidrógeno se introduce tambien en el pistolete con la mayor facilidad con solo dar vuelta á la llave del sencillo y reducido aparato que lo produce ó de las vegigas en que puede haberse recogido con antelacion.

Dios guarde á V. I. muchos años. Madrid, 31 de julio de 1855.—*Manuel de Madrid Dávila.*—*Cárlos María de Castro.*—Ilmo. Sr. Director general de Obras públicas.

REAL ÓRDEN.

Ilmo. Sr.: Visto el satisfactorio resultado de los primeros ensayos del sistema de señales eléctricas para evitar los choques y otros accidentes en los caminos de hierro, inventado por el ingeniero de minas D. Manuel Fernandez de Castro, cuyos ensayos han tenido lugar en la Escuela especial de minas ante la comision encargada de presenciarlos; S. M. la Reina (Q. D. G.) se ha dignado disponer se diga á dicho ingeniero que ha visto con el mayor agrado el celo y laboriosidad con que se ocupa en tan útiles trabajos, dignos por mas de un concepto de la pública gratitud. Es tambien la voluntad de S. M. se publique esta Real órden en la *Gaceta* de Madrid, juntamente con el informe de la comision mencionada, para que sirva al interesado de estímulo y satisfaccion.

De Real órden lo digo á V. I. para su conocimiento y efectos consiguientes. Dios guarde á V. I. muchos años. Madrid, 22 de agosto de 1855.—*Alonso Martinez.*—Sr. Director general de Obras públicas.

VIII.

Informe de la comision encargada de examinar el sistema de señales de Fernandez de Castro, despues del ensayo general.

Ilmo. Sr.: Esta Comision, nombrada para informar acerca del sistema de señales eléctricas para evitar los accidentes en los caminos de hierro, presentado al Gobierno de S. M. por el ingeniero del cuerpo nacional de minas D. Manuel Fernandez de Castro, tuvo el honor de manifestar á V. I. en 31 de julio último los felices resultados obtenidos por el citado ingeniero al ensayar su sistema en presencia de la misma, en uno de los salones del laboratorio de la Escuela de minas. Entonces, así como la primera vez que tuvo el placer de examinar la memoria y planos en que el Sr. Fernandez de Castro desarrollaba su sistema, escuchando las explicaciones aclaratorias del inventor, la Comision no pudo dudar de la exactitud y precision del sistema, ni del brillante éxito que debia coronar su aplicacion; sin embargo fué parca en elogios, y esperó el momento de la realizacion de sus creencias. Este dia llegó por fin: la victoria del ingeniero Castro ha sido completa, y á nosotros nos cabe la honra de ponerla en conocimiento de V. I. No obstante, esta victoria no se ha obtenido sin vencer antes algunas dificultades, que ciertamente hubiesen desconcertado á otros que no contasen con la fuerza de ánimo, la conviccion profunda de la utilidad del sistema, y con la copia de conocimientos que reune en sí este ingeniero.

Cuando se verificaron los primeros ensayos, que hemos citado, en la Escuela de minas, el Sr. Fernandez de Castro se proponia que el gran circúito formado por un tren, el conductor aislado y la tierra, y cerrado por el obstáculo que se opusiera á la marcha, fuese recorrido por la corriente inducida del multiplicador de Ruhmkorff; porque teniendo esta corriente todas las propiedades de la electricidad estática, su tension hacia menos temibles los inconvenientes que hubiera podido producir la falta de un contacto perfecto con el conductor aislado y la tierra; todas las pruebas hechas en pequeño parecian justificar la eleccion, cuando un fenómeno enteramente nuevo, observado en el primer ensayo en grande, vino á cambiar la disposicion adoptada, porque repetidos aquellos varias veces, el resultado fué

siempre el mismo, y dió á conocer un hecho constante en los multiplicadores de induccion, hecho que hasta cierto punto hacia peligroso el empleo del circúito inducido.

Uno de los curiosos fenómenos del aparato de Ruhmkorff, de que no se ha hecho mencion sino hace muy poco tiempo, despues de empezados los ensayos, y que habia tenido ocasion de observar Castro en el curso de sus trabajos, es la diferente tension de los dos polos del aparato; diferencia que llega hasta el punto de que en el exterior se provoca una chispa al aproximar un cuerpo aislado, al paso que puede tocarse el polo interior sin percibir apenas la menor sensacion. Fundado en este experimento, bastaba solo, al parecer, introducir el aparato de alarma en el *reóforo* que uniera el polo interior con el *conductor general* para que no hubiese produccion de chispa sino en el momento de cerrar el circúito; sin embargo, así dispuesto, no sucedió como se esperaba, y nuevos experimentos demostraron que siempre que el polo interior del aparato de Ruhmkorff se pone en contacto con un cuerpo aislado de gran extension, produce los mismos efectos que el polo exterior; circunstancia que en su concepto da el medio de hallar la teoría de la diferente tension de los dos polos del multiplicador.

Limitándose solo á los hechos, resulta que con la corriente inducida se produce una señal aunque no haya circúito cerrado, cuando la tension es demasiado fuerte; y aunque los pistoletes de Volta y demas aparatos de alarma de Castro están dispuestos de modo que puede graduarse el salto de la chispa segun la tension de los aparatos, no ha creido el inventor del sistema que debiera este exponerse á faltar, empleando un medio eventual, que depende de una cosa tan difícil de obtener, como es la graduacion de una corriente, cuya intensidad y tension pueden variar por tantas causas.

Aunque esta dificultad no podia preverse, porque provenia de un fenómeno desconocido, que no habia habido ocasion de observar, y cuyo descubrimiento hubiera sido por sí solo una ventaja debida á estos ensayos, Castro estaba preparado para el caso en que se presentasen otras mayores aun, y como habia anunciado en la memoria que presentó á la Comision, en el momento en que se convenció de los inconvenientes de hacer entrar el *conductor general* y la tierra en el circúito estático ó inducido, pensó en sustituirlo con el dinámico ó inductor, dejando el primero únicamente para el aparato de alarma. Este medio, despues de probado el contacto perfecto del fleco con el alambre conductor, y del carruaje con la tierra, era infalible; pero hubiera sido menester usar pilas á propósito y capaces de hacer llegar la corriente con bastante intensidad para poner en marcha el

multiplicador de Ruhmkorff; pilas que además hubiera sido preciso estudiar y hacer construir con notable pérdida de tiempo, cuando una feliz combinacion de los recursos de que podia disponer vino á proporcionarle un resultado tal, que desde luego convendrá aplicarlo, no solo provisional, sino definitivamente, por la economía y fácil manejo de las pilas de Daniel, que ahora forman parte de su aparato.

Dejando para el de alarma, como se ha dicho, el circúito estático, se ponen los dos polos de una pila de Bunsen en contacto con los dos extremos del alambre inductor del aparato de Ruhmkorff, pero se interrumpe este circúito de modo que no se cierre sino cuando un electro-iman se pone en movimiento al cerrarse á su vez el circúito de que forman parte el conductor general, la tierra y el mismo electro-iman, es decir, cuando un tren ú otro obstáculo lo completan.

Hechas estas ligeras observaciones sobre las mejoras introducidas en los aparatos, sin que por ellas haya variado en nada la esencia del sistema, pasamos á dar cuenta á V. I. de los ensayos verificados sobre el ferro-carril de Madrid á Almansa en el dia 15 del corriente.

La parte de línea preparada al efecto es de 4 kilómetros entre las estaciones de Villacañas y Quero en una gran alineacion recta.

Cada trozo de la doble série de alambres que constituyen el conductor general es de 2,000 metros; distancia cuádrupla, segun experimentos hechos por la Comision, de lo que recorre un tren despues de cerrar el regulador de la locomotora y de echar los frenos cuando baja una pendiente de 0,0090, con una velocidad de 60 kilómetros por hora y una carga de 108 toneladas, repartida en 18 wagones.

El alambre descansa sobre aisladores de goma elástica volcanizada, encajados en una horquilla de hierro fija á los postes del telégrafo, y se ha conseguido que los alambres se mantengan á la misma altura y á la misma distancia del carril, sin colocar una nueva série de postes, dando al mango de la horquilla la forma de una palomilla. La ságita de la curva formada por el pandeo de los alambres es de unos 18 á 20 centímetros en 50 metros de longitud, y aun cuando un calor excesivo pudiera hacerla aumentar, es fácil disminuirla por medio de los aparatos de traccion; pero aun cuando así no sea, y marchando el tren muy despacio, que son los casos mas desfavorables, no pasa un intervalo de 5 á 6 segundos sin que el contacto del fleco con el alambre conductor produzca una señal en los aparatos de alarma. Hay un paso de nivel en el trozo preparado para el ensayo, y el alambre, con la disposicion adoptada en ese caso, no interrumpe el de los trenes ni el de los carruajes ordinarios, y sin embargo, no se nota sensiblemente en las señales del aparato, por el corto espacio de tiempo que deja de estar cerrado el circúito.

El *comunicador* que une el *conductor general* con el generador eléctrico es un fleco metálico hecho de alambres de hierro de 2 milímetros de diámetro, puestos al extremo de una varilla, tambien de hierro, que descansa aislada en los soportes sobre dos listones de madera sujetos al carruaje, los cuales pueden subirse y bajarse á voluntad para dejar al fleco á la altura conveniente.

Despues de infinitas pruebas se ha convencido Castro de que el mejor fleco seria de alambre de acero convenientemente templado, como el que se emplea generalmente para las agujas de hacer media; pero en la imposibilidad de procurársele tan pronto como hubiera deseado, se ha decidido á emplearle de hierro en la prueba, sin que por eso haya habido el menor entorpecimiento en el ensayo. La varilla del comunicador estaba en contacto por medio de un alambre cubierto de seda con uno de los polos de una pila de Daniel de 18 elementos, cargada hacia quince dias, y cuyo otro polo comunicaba con uno de los muelles del carruaje por un alambre comun de cobre; el electro-iman de que se hizo antes mencion iba interpuesto en el primero de los dos alambres. En la misma peana que el electro-iman, pero separados de él y aislados entre sí, hay dos tornillos, que no se comunican sino cuando se pone en movimiento una placa pequeña de acero, atraida por la accion del electro-iman en el momento en que se cierra el circúito de la pila de Daniel; de estos tornillos parten dos alambres, de los cuales, el uno va á un polo de la pila de Bunsen, y el segundo á uno de los extremos del alambre inductor del aparato de Ruhmkorff; el otro extremo y el segundo polo de la pila de Bunsen se unen entre sí por otro alambre; queda cerrado este circúito en el momento en que la placa de acero es atraida por el electro-iman y se pone en marcha el aparato, saltando la chispa en la pequeña interrupcion del aparato de alarma, que como se indicó antes, se halla interpuesto y cerrando constantemente el circúito inducido.

Los aparatos de alarma empleados en el ensayo último han sido los mismos que los que se indicaron en el informe de 31 de julio, aunque mas perfeccionados, pues los pistoletes de Volta nuevos, además de tener un compás eléctrico, que permite ver la chispa exteriormente, y graduar por consiguiente la distancia de las bolas ó puntas, se desarman y arreglan con facilidad antes de usarse; además de estos pistoletes, se hicieron señales con los petardos de Stathan, y podrá emplearse un gran timbre parecido al avisador en los telégrafos eléctricos, segun nos indicó el autor, simplificando mas aun sus aparatos.

Los de alarma iban dispuestos en dos carruajes de tercera clase, uno de los cuales quedó al principio de la línea preparada sin contacto con el conductor general, y en el otro, conducido por una locomo-

tora, pasamos al otro extremo de la línea. Dado el aviso conveniente y puesto en comunicacion con el alambre conductor el primer carruaje, retrocedimos, marchando con el segundo á gran velocidad en direccion de aquel, y al cerrar el circúito eléctrico, y á pesar de la distancia de 2 kilómetros que mediaba entre ambos carruajes, tuvimos la inexplicable satisfaccion de oir instantáneamente la detonacion de los dos pistoletes confundidas en una sola; cerrados en el mismo momento el regulador y el freno del ténder, paró completamente nuestro tren antes de llegar con mucho al término de la distancia que podia recorrer sin temor de chocar con el tren opuesto: habiamos avanzado escasamente 150 metros.

Los inminentes riesgos que representa este caso, que es el de marchar á gran velocidad dos trenes sobre una misma via, y en direcciones uno de otro, cesan de existir desde hoy con el empleo del sencillo y poco costoso invento del ingeniero de minas D. Manuel Fernandez de Castro, y bastaria este hecho probado para excusarnos el continuar; pero nuestro carácter de informantes nos pone en la grata obligacion de seguir nuestro relato, que procurarémos llevar hasta los mas pequeños detalles.

El segundo caso de los que pueden ocurrir, y de que el Sr. Castro se hace cargo, es aquel en que marchando dos trenes sobre una misma via y en una misma direccion, el primero lo haga á menor velocidad que el segundo, exponiéndose por tanto á ser alcanzado por este. La resolucion del problema es igual á la del caso anterior, y el resultado del ensayo tuvo el mismo feliz éxito que el ya experimentado. Una y otra prueba se repitieron, usando unas veces de los petardos y otras de los pistoletes, y se observó que cuando la carga de estos últimos era excesiva, no partian tan instantáneamente como cuando era pequeña ó en la proporcion debida. El Sr. Castro lo sabia perfectamente, pero no le fué posible el que para aquel dia le tuvieran construidos unos cargadores de su invencion, en los cuales se precisa la carga del mismo modo que, en la boquilla de un frasco de pólvora ó perdigones, la de una escopeta de caza. Tampoco se llevaron á estos ensayos los telégrafos portatiles que posee la empresa del camino para hablarse de tren á tren, por no hallarse en estado de servicio en aquel momento; pero como esto no forma parte del sistema, nada tenemos que decir, siendo probable que puedan estar corrientes para el dia en que se verique la prueba pública.

Conviene observar aquí que siendo la electricidad dinámica la que recorre el circúito cerrado por dos trenes, no es indiferente que sea uno ú otro polo de la pila el que comunique con el conductor general. Para que haya señal es preciso que el comunicador ó fleco de uno de

ellos esté en contacto con el polo positivo de la pila, y el del otro con el polo negativo.

Bastaria para evitar el choque de dos trenes que marchan en direccion uno de otro, establecer una regla fija é invariable para la colocacion del comunicador, estableciendo, por ejemplo, que los trenes que marchasen de Madrid hácia los extremos de las líneas llevasen en contacto con el conductor el polo positivo, y por el contrario, el polo negativo los que siguiesen en una direccion opuesta. Pero esto, que seria suficiente para el primer caso que hemos considerado, de nada serviria para el segundo, en que marchando los dos trenes en la misma direccion, llevarian sus aparatos preparados de igual manera, y no tendria efecto la produccion de la señal. Bien pudiera remediarse tambien este inconveniente de una manera reglamentaria; pero la infalibilidad del sistema del Sr. Castro no debia quedar dependiente de la observancia de un reglamento; y así, pensó que este mal se remediaba completamente haciendo pasar por un *conmutador* los alambres que comunican el conductor general y la tierra con los polos de la pila; medio empleado en el dia en la mayor parte de los telégrafos eléctricos, por el cual se consigue variar alternando las corrientes positivas ó negativas con intervalos de un segundo, de medio ó cualquiera otro, á voluntad, bastando para ello graduar convenientemente los diámetros de los tambores.

El tercer caso es aquel en que marchando un tren, se presenta un obstáculo sobre la via en la direccion en que aquel marcha. Si fuese otro tren parado por cualquiera causa, las cosas pasarian como en los anteriores casos, una vez que ambos trenes estuviesen provistos de sus aparatos de alarma; pero si el obstáculo fuese una interrupcion de la via por rotura, por estar en reparacion, ó por cualquier otro motivo, entonces el aviso ó señal de alarma deberia darse por un guarda ó vigilante. Al efecto, el Sr. Castro ha dispuesto un látigo metálico, que por el un extremo termina en una doble horquilla, fácil de enganchar en el conductor general, y por el otro en una punta ó cuña, que introducida fuertemente en la holgura que media de unas á otras barras-carriles, cierre el circúito tan luego como se ponga en contacto con el mismo conductor general el fleco comunicador del aparato de alarma del tren en marcha. Estos látigos deberán llevarlos todos los guardas y brigadas de obreros en servicio, en vez de las banderas y faroles de señales que ahora emplean; deberán tenerlos en las estaciones, cambios de vias, barreras, túneles, etc., y estarán funcionando siempre que las vias de servicio no se hallen perfectamente libres á la circulacion.

Se ensayó este mecanismo á cortas y largas distancias, no solo cer-

rando el circúito con la barra-carril, sino que tambien con la tierra en los taludes del desmonte, que conservaban alguna humedad, y en todas las pruebas hechas el éxito fué brillante, nada hubo que desear; las detonaciones fueron instantáneas.

Por último, hallándose el tren en la via con el fleco comunicador en contacto con el conductor general, se cerró el circúito, aplicando un alambre al mismo conductor y al del telégrafo de Tembleque á Alcázar, y la explosion fué del momento, á pesar de que el circúito era de una extension de mas de 47 kilómetros.

De todo lo manifestado se desprende, Ilmo. Sr., que el Gobierno de S. M. no ha tendido en vano por esta vez su mano protectora al genio; las esperanzas que pudo concebir, al conocer el pensamiento del ingeniero Castro, no han sido defraudadas; pero la Comision cree y espera que las bondades de V. I. y del Gobierno irán aun mas allá, proporcionando, al par de las ventajas que humanitariamente considerado encierra el invento del Sr. Castro, las facilidades necesarias al inventor para que, ensanchando el círculo de sus conocimientos en la materia por medio del estudio y de la comparacion de otros sistemas presentados en el extranjero con el suyo, deduzca de ellos las consecuencias conducentes al mas cumplido éxito de sus trabajos, consignando estos en una memoria escrita al efecto, que sirva de enseñanza para todos y dé nueva importancia á la no pequeña que ya en nuestro concepto ha adquirido en nuestro país el invento de tan digno ingeniero.

Dios guarde á V. I. muchos años. Madrid, 18 de noviembre de 1855. —*Cárlos María de Castro*.—*Manuel de Madrid Dávila*.—Ilustrísimo Sr. Director general de Obras públicas.

IX.

Relacion del ensayo público del sistema de señales de Fernandez de Castro, verificado el 25 de noviembre de 1855.

(Del periódico *La Iberia.*)

La prueba del sistema de señales eléctricas para evitar accidentes en los caminos de hierro, debido al Sr. Fernandez de Castro, y que tuvo lugar ayer en el de Almansa, pasando por Villacañas, dejó satisfecha la gran concurrencia que asistió á presenciarla, y entre la cual se contaban los señores ministros de Fomento y Gracia y Justicia, los directores de Obras públicas y del Instituto industrial.

Estas señales eléctricas pueden obtenerse siempre que se unen los dos polos de una pila de Volta, es decir, cuando se cierra un circúito eléctrico, ya sea haciendo obrar un electro-iman, ya produciendo una chispa capaz de inflamar las sustancias explosibles. Unas y otras se han puesto en práctica en los ensayos del Sr. Castro.

Tomando por base este principio, se comprende que deberá cerrarse un circúito, y obtener por consiguiente una señal cada vez que se presente un peligro; para esto lleva cada tren un generador eléctrico en comunicacion por un polo con la tierra y por el otro con el *conductor general*, ó sea una doble línea de trozos de alambre aislados, colocados de una manera alternada, y cuya longitud se calcula de manera que despues de obtenida la señal y echados los frenos, la distancia recorrida por dos trenes que marchan en sentido contrario con gran velocidad no permita que se choquen.

Como los trozos de alambre que forman el conductor general están aislados, mientras no haya mas que un tren en comunicacion con uno de ellos, no hay circúito eléctrico, y no habrá señal por consiguiente; pero en el momento en que otro tren llegue á tocarlo con su comunicador, el circúito se establece, pasando por la tierra, y la señal es instantánea.

Si el sistema es eficaz para dos trenes que marchan en sentido contrario, lo debe ser tambien para el caso en que dos trenes lleven la misma direccion y vaya mas despacio el delantero ó quede parado; la señal se producirá en el momento en que el segundo tren toque el alambre en que se halle el primero.

En vez de banderas, faroles y demás medios imperfectos que hay hoy para detener á un tren que corre hácia un peligro, bastará poner

en comunicacion el conductor general con la tierra junto al obstáculo ó sitio peligroso, por medio de un conductor metálico en forma de látigo.

Las barreras en los pasos de nivel, las plataformas giratorias, las agujas, los puentes levadizos, y todas aquellas partes móviles de un camino de hierro, cuya mala posicion puede ser causa de un accidente, deben llevar en sí una pieza adicional que tenga en comunicacion al conductor general con la tierra, siempre que no estén en regla; de manera que al aproximarse un tren queda cerrado el circúito, y se advierte el peligro por sí mismo, sin intervencion de la mano del hombre, como sucede con dos trenes que van á chocarse.

Los aparatos que se han empleado en los ensayos han sido pilas de Bunsen y de Daniell, el multiplicador de Ruhmkorff, y un electro-iman, combinados de manera, que en muy corto número pueden producir una señal instantánea en los aparatos de alarma, que pueden ser muy variados, aunque hasta ahora no se han empleado mas que los pistoletes de Volta dispuestos por el Sr. Castro, y petardos convenientemente preparados.

Los ensayos verificados en el dia de ayer han tenido por objeto demostrar la exactitud del principio en que se funda el sistema, y la eficacia de los medios propuestos para cada uno de los casos.

La locomotora que sacó el tren desde Madrid lo dejó en el centro del trozo dispuesto para el ensayo; allí vino otra máquina salida de Alcázar, y el tren se dividió en dos, que fueron á situarse á los extremos de la línea preparada; entonces partieron los dos trenes, marchando el uno hácia el otro, y la señal debió partir instantáneamente en ambos trenes á muy poco menos de dos kilómetros; porque en el que ocupaba el ministro de Fomento tuvo efecto en el momento mismo de tocar el extremo del alambre.

Se hicieron despues varias pruebas, haciendo marchar un tren hácia otro parado en la via; y por último, cerrando el circúito con el látigo que han de tener los guardas para avisar á los trenes que la via está intransitable. Tantas veces cuantas se ensayó este caso, el mas notable para los espectadores, por lo fácil que les era comprobar la instantaneidad de la señal, se obtuvo esta, ya empleando los pistoletes de Volta, ya los petardos.

En los carruajes en que iban los aparatos del sistema del Sr. Castro, iban tambien unos telégrafos portátiles de Breguet, perfeccionados por el inspector de telégrafos del camino de hierro, con objeto de comunicarse de tren á tren despues de obtenida la señal de alarma y detenidos los trenes. Todas estas pruebas dieron el resultado mas satisfactorio.

X.

Extracto de la sesion de Cortes del 11 de diciembre de 1855.

Se leyó la siguiente proposicion:

«Pedimos á las Cortes se sirvan declarar como muestra de gratitud nacional que han sabido con satisfaccion el invento del sistema de señales eléctricas que para evitar los choques y otros accidentes en los caminos de hierro ha descubierto el ingeniero de minas D. Manuel Fernandez de Castro.

»Palacio del Congreso, 10 de diciembre de 1855.—Práxedes Sagasta.—P. Calvo Asensio.—Manuel de la Concha.—Moyano.—Francisco García Lopez.—M. Roda.—P. de la Escosura.

En su apoyo expuso

El Sr. SAGASTA: Ni voy á hablar como hombre de partido, ni como tales á vosotros me dirijo hoy, Señores Diputados; antes por el contrario deseo que prescindiendo, siquiera sea por breves momentos, de esas cuestiones que tiempo há nos vienen agitando y nos han de agitar todavía, y que si no son todas políticas, con la política están mas ó menos directamente relacionadas, entremos en otro campo mas vasto, donde quepan todas las opiniones que á los hombres tienen mas ó menos divididos; donde muerto el espíritu de partido, aquellos se unan y se estrechen, para que cumpliendo con su principal mision, marchen por el único camino que sin dudas ni vacilacion para nadie nos conduce al bien de la humanidad, y precisamente de una cuestion de esa clase es de lo que se trata en esa proposicion que en este momento se presenta á la deliberacion de la Asamblea, para la cual solicito de vosotros breves momentos de atencion.

Un compatriota nuestro, un español, el ingeniero de minas D. Manuel Fernandez de Castro, acaba de dar un dia de gloria á su país, descubriendo un sistema de señales eléctricas para evitar los choques y otros accidentes en los caminos de hierro. No me detendré á explicaros en qué consiste el descubrimiento, motivo de esta proposicion, porque no es de este lugar; pero permitido me será deciros cuatro palabras del cómo puede y debe considerarse.

Tal es la altura á que ha llegado en nuestros dias la máquina locomotora, que su organizacion y sus funciones pueden naturalmente, sin violencia ni esfuerzo alguno, compararse con la organizacion y

funciones del cuerpo humano. El carbon y el agua, hé aquí las dos materias que constituyen el alimento de esta máquina; pues bien : por medio del fuego se verifica la evaporizacion; y el vapor, partiendo de un punto y marchando por varios conductos, es el que da movimiento y vida á la máquina, de la misma manera que la sangre, partiendo del corazon y marchando por las venas y arterias del cuerpo humano, le da tambien vida y movimiento á este : el vapor, pues, en la máquina locomotora, es la sangre en el cuerpo humano. Aquella, como este, trata de satisfacer sus necesidades; pide agua cuando agua necesita, fuego cuando el fuego le hace falta; si la cantidad de vapor es superabundante, si tiene exceso de vida, si tiene, digámoslo así, plétora de sangre, la máquina lo avisa, la máquina se desangra, la máquina da salida á ese exceso de vitalidad; si por el contrario, la cantidad de vapor es pequeña, la máquina tambien lo indica, la máquina tambien pone remedio para que la debilidad de sus fuerzas no llegue al extremo de destruir el movimiento.

Así pues la locomotora viene funcionando semejantemente al cuerpo humano, y hasta cierto punto puede decirse que conoce todas sus necesidades, que preve todos los peligros que dentro de sí misma encierra, y que procura satisfacer aquellas y conjurar ó destruir estos, ó que cuando menos procura llamar en su auxilio á los encargados de uno y otro objeto.

Bajo este punto de vista, pues, la locomotora pudiera compararse al hombre ciego, que preve, que conoce, que evita todos los peligros que dentro de sí mismo tiene; pero que no apercibiéndose de los obstáculos que fuera de sí se le presentan, está expuesto á cada momento á tropezar y á estrellarse con ellos. Hasta aquí llega la perfeccion de la máquina; pero el ingeniero D. Manuel Fernandez de Castro no estaba satisfecho con esto; queria mas, queria que esa máquina se apercibiese de los peligros que exteriormente pudieran presentársele, de la misma manera que se apercibia de los que encierra en sí misma, y el Sr. Castro lo consigue; es decir, Señores, que el Sr. Castro ha proporcionado, digámoslo así, ojos á la máquina locomotora, la ha dado vista; es decir, la ha perfeccionado hasta el punto de podérsela comparar, no ya con el hombre ciego, sino con el hombre de excelente vista. Esto es en pocas palabras, y de una manera para todos perceptible, á lo que viene á reducirse el invento, base de esta proposicion; invento, Señores, que evitará muchas desgracias, hará desaparecer infinitos peligros, renacerá la esperanza de muchos que tienen temor de entregarse á esos elementos grandiosos de comunicacion, y borrará hasta cierto punto de la memoria tristes recuerdos de terribles desgracias en los ferro-carriles acaecidas.

Pero al jóven autor de este invento todavía le parece poco; y una vez visto que los ensayos han correspondido á sus cálculos, una vez visto que la aplicacion es grande, es facilísima, ha dicho: «He descubierto una cosa importante para la humanidad; pues á la humanidad por completo se la entrego; y teniendo, como tenia, el privilegio exclusivo de su invento en Francia, en Inglaterra, y en su país la España, en una reverente exposicion, con pocas, pero modestas y sentidas palabras, pide encarecidamente á S. M. que se digne aceptar la cesion de su privilegio en beneficio del dominio público, dando así una prueba de verdadero y desinteresado patriotismo.

S. M., que no perdona ocasion de premiar lo que premiarse debe, se apresuró á premiar un invento que tantas vigilias habia costado, y respecto al cuál tanto desinterés habia manifestado su autor; le concedió un ascenso en su carrera, le condecoró con la cruz de Cárlos III, y le pensionó para ir al extranjero á adquirir la suficiente instruccion para el completo desarrollo de tan privilegiado talento. Pero si esta recompensa es bastante para el ingeniero, no lo es para el hombre que da á la humanidad generosamente todo el fruto de sus desvelos y de sus trabajos. Este sacrificio necesita que el país le manifieste de una manera solemne toda su gratitud. Verdad es que la gratitud nacional es un premio grande, pero á él puede aspirar el hombre modesto y honrado que se propone ser útil de una manera notable á su país; el premio es grande, sí, pero le merece el inmenso sacrificio que acaba de hacer á su país y á la humanidad entera el ingeniero Fernandez de Castro; este es un premio que honra tanto al que lo da como al que lo recibe. Y así lo comprendisteis ayer, señores diputados, cuando al buscar yo las firmas que el reglamento exige para esta proposicion, todos queriais poner la vuestra. No es extraño, porque de todo lo que aquí hagamos, lo mas imperecedero será sin duda el acuerdo que recaiga sobre esta proposicion. Quizás nosotros tengamos el disgusto de presenciar en los últimos años de nuestra vida el derrumbamiento de todos los edificios que aquí estamos levantando; quizás tengamos el disgusto de ver convertido en ruinas lo que ahora con tanto afan aquí construimos; un monumento, sin embargo, quedará en pié en medio de esas ruinas. ¿Sabeis cuál es? El acuerdo que sobre esa proposicion recaiga; porque el motivo de este acuerdo no pertenece á ningun partido, á ninguna época dada, á ninguna localidad determinada; él es de todos los partidos, de todas las épocas, de todas las localidades; él es en fin de la humanidad. ¿Y qué Cortes vendrán á destruir el acuerdo que aquí adoptemos como gratitud nacional por un beneficio hecho á la humanidad? Ningunas; todas, absolutamente todas, lo respetarán y acatarán.

Y basta ya, señores; que si mas os dijera, os ofenderia; ni aun lo dicho hacia falta para convenceros de lo que como yo estabais ya convencidos; pero estas breves palabras, mas bien que confeccionadas en la cabeza, nacidas del corazon, en honra de quien mas merece sean dichas, aunque por mí valgan poco; y dichas sean tambien para que sirvan, digámoslo así, como de preámbulo al favorable acuerdo que indudablemente tendréis la bondad de dar á la proposicion que con otros seis señores diputados he tenido la honra de presentar á vuestra ilustrada consideracion.

El Sr. Ministro de FOMENTO (Alonso Martinez): No intento desvanecer la impresion favorable que han debido producir en el ánimo de los señores diputados las sentidas y elocuentes frases de un ingeniero tan distinguido como el Sr. Sagasta en favor del ingeniero Señor Fernandez de Castro; solo me levanto á rogar á todos los señores diputados que se asocien á esa patriótica proposicion, dando las gracias en nombre de la patria á un ingeniero tan entendido y que desinteresadamente ha hecho tan gran bien á la humanidad.

Prévia la oportuna pregunta, fué tomada en consideracion por unanimidad; y hecha la de si pasaria á las secciones, dijo

El Sr. ORENSE: Que se añada un premio pecuniario.

El Sr. SANCHO: Ante todo aprobemos esta proposicion, y despues puede presentarse otra para un premio pecuniario. Pero ahora debe acordarse este voto de gratitud nacional.

Acordóse tambien por unanimidad.

XI.

Las Cortes Constituyentes han declarado por unanimidad en la sesion de ayer, á propuesta de varios individuos de su seno, como muestra de gratitud nacional, que han sabido con satisfaccion el invento del sistema de señales eléctricas que para evitar los choques y otros accidentes en los caminos de hierro ha descubierto V.

Al cumplir nosotros con el acuerdo del Congreso, trasmitiéndoselo á V., tenemos la satisfaccion de decirle tambien lo mucho que esperan las Cortes del importante invento debido á la laboriosidad y talentos de V.; y que al aprobar por unanimidad la proposicion que ha motivado este acuerdo, desean que la España y las naciones extranjeras vean el aprecio y estimacion en que son tenidos por la Representacion Nacional los adelantos que son productos de los ciudadanos españoles.

Lo que participamos á V. para su conocimiento y satisfaccion. Dios guarde á V. muchos años. Palacio de las Cortes, 12 de diciembre de 1855.

P. Calvo Asensio, *D. Secretario.*   Pedro Bayarri, *D. Secretario.*

Sr. D. Manuel Fernandez de Castro, *ingeniero de minas.*

FIN DE LOS APÉNDICES.

ÍNDICE

DE

LAS MATERIAS QUE CONTIENE ESTA SEGUNDA PARTE.

DE LOS CAMINOS DE HIERRO Y ACCIDENTES
QUE PUEDEN OCURRIR EN ELLOS.

CAPITULO IX.

IDEA GENERAL DE LOS CAMINOS DE HIERRO.

CAPITULO X.

DE LOS ACCIDENTES QUE PUEDEN OCURRIR EN LOS CAMINOS DE HIERRO.

SISTEMAS ELÉCTRICOS PARA AUMENTAR
LA SEGURIDAD EN LOS CAMINOS DE HIERRO.

CAPITULO XI.

DE LOS MEDIOS ELECTRICOS EMPLEADOS EN LOS CAMINOS DE HIERRO PARA FACILITAR Y HACER MAS SEGURO EL SERVICIO.

CAPITULO XII.

SISTEMA DE SEÑALES ELÉCTRICAS PARA EVITAR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO, DE FERNANDEZ DE CASTRO.

CAPITULO XIII.

SISTEMAS PROPUESTOS PARA EVITAR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO POR MEDIO DE LA ELECTRICIDAD.

CAPITULO XIV.

CONTINUACION DEL ANTERIOR.

CAPITULO XV.

EXAMEN CRÍTICO DE LOS DIFERENTES SISTEMAS PROPUESTOS PARA EVITAR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO POR MEDIO DE LA ELECTRICIDAD.

APÉNDICES.



FIN DEL ÍNDICE.